

**Untersuchungen zur Möglichkeit der Erkennung
und Klassifizierung von Brachflächen in Luftbildern**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der Forstwissenschaftlichen Fakultät
der Albert-Ludwigs-Universität
Freiburg im Breisgau

vorgelegt von
Nasser Al-Homaid
aus Riyadh/Saudi-Arabien

1978

**Untersuchungen zur Möglichkeit der Erkennung
und Klassifizierung von Brachflächen in Luftbildern**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der Forstwissenschaftlichen Fakultät
der Albert-Ludwigs-Universität
Freiburg im Breisgau



vorgelegt von
Nasser Al-Homaid
aus Riyadh/Saudi-Arabien

1978

Dekan	:	Prof. Dr. H. J. Braun
Leiter der Arbeit:		Prof. Dr. G. Hildebrandt
Referent	:	Prof. Dr. G. Hildebrandt
Korreferent	:	Prof. Dr. J. Barner

Tag der Verkündigung des Prüfungsergebnisses: 19 Juni 1978



Dissertationsdruck - Johannes Krause - Buchbinderei
7800 Freiburg im Breisgau, Bertholdstr. 43

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

	Seite
0 EINFÜHRUNG	1
1 DEFINITION VON BRACHFLÄCHEN	4
2 GEGENWÄRTIGE SITUATION UND ENTWICKLUNG SEIT 1970	8
3 ALLGEMEINE PROBLEMSTELLUNG	12
4 BISHERIGE INTERPRETATIONSERFAHRUNGEN	16
4.1 Allgemeines zur Luftbildinterpretation	16
4.2 Brachflächen im Luftbild	21
5 BEISPIELE FÜR EINE KARTIERUNG DER NUTZUNGS- UND BRACHLANDFORMEN NACH LUFTBILDINTERPRE- TATION UND TERRESTRISCHER KONTROLLAUFNAHMEN	42
5.1 Einleitung	42
5.2 Luftbildmaterial	44
5.3 Methodisches Vorgehen	44
5.4 Klassifizierung	47
5.5 Das Ergebnis der Kartierung	49
6 QUANTITATIVE ABBILDUNGSUNTERSCHIEDE VER- SCHIEDENER BRACH- UND LANDWIRTSCHAFTLI- CHER NUTZFLÄCHEN	64
6.1 Einleitung	64
6.2 Helligkeitsuntersuchungen	64
6.2.1 Methodik	65

	Seite
6.22 Diskussion der mikrodensitometrischen Meßergebnisse	75
6.3 Farbanteilmessungen	102
6.31 Methodik	104
6.32 Diskussion der densitometrischen Farb- anteilmessungen	106
7 LITERATURVERZEICHNIS	116

V o r w o r t

Während des Studiums an der forstwissenschaftlichen Fakultät der Universität Freiburg entdeckte ich mein besonderes Interesse für das Fachgebiet Luftbildauswertung. Deshalb wandte ich mich nach Beendigung des Studiums an Herrn Prof. Dr. G. Hildebrandt mit der Bitte, bei ihm eine Dissertation in Angriff nehmen zu können.

Hier möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr. G. Hildebrandt besonders dafür bedanken, daß er mir ein Thema gab, das mich mit zahlreichen Methoden und Geräten der Fernerkundung vertraut machte und sich immerwieder die Zeit nahm, mit Interesse die Arbeit zu betreuen. Seine Beratung und Unterstützung haben mir viel bedeutet.

Der Deutschen Forschungsgemeinschaft möchte ich dafür danken, daß sie durch ihre finanzielle Hilfe die Arbeit ermöglicht hat.

Mein Dank gilt weiterhin Herrn Dietze für die tatkräftige Mitarbeit bei den Außenaufnahmen, und Herrn Lange für die Unterstützung am Mikrodensitometer.

Meine Frau Maria hat mir sehr geholfen bei den densitometrischen Messungen und beim Schreiben der Arbeit.

Frau Ros möchte ich danken für die endgültige Reinschrift der Arbeit.

Ganz besonders möchte ich mich für die zahlreichen Ratschläge und Hilfen von den Mitarbeitern der Abteilung Luftbildmessung und -interpretation bedanken.



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41550803_0047

O EINFÜHRUNG

Im vergangenen Jahrzehnt hat sich in der Bundesrepublik Deutschland der Anteil nicht mehr, oder für längere Zeit nicht mehr bewirtschafteter landwirtschaftlicher Flächen gegenüber früheren Jahren merklich erhöht. Die Gründe hierfür sind im allgemeinen sozio-ökonomischer Art. Veränderungen der Agrarstruktur, marktwirtschaftliche Gegebenheiten über soziale Entwicklungen im ländlichen Raum, trugen und tragen zu diesem Anstieg des Brachflächenanteils bei. Im Gebiet der Bundesrepublik liegen gegenwärtig um 310122 ha landwirtschaftlich nutzbarer Fläche brach (Statistisches Bundesamt Wiesbaden 1976), in Baden-Württemberg waren es 1977 43091 ha (Statistische Berichte, Statistisches Landesamt Baden-Württemberg). Auch wenn man Prognosen ausklammert, die nach Trendextrapolation zu dem Ergebnis kommen, daß sich der Brachflächenanteil im nächsten Jahrzehnt "vervielfachen und sich in der Bundesrepublik auf rund 1 Mill. ha erhöht" wird (Inst. für Raumordnung, Information 1972 Nr. 3), so muß man erkennen, daß hier ein agrarpolitisches und für die Regionalplanung und Raumordnung erhebliches Problem entstanden ist. Dies gilt insbesondere dort, wo sich das Brachfallen landwirtschaftlicher Nutzflächen örtlich bzw. regional häuft (vgl. Abb. 1). Immerhin gibt es bereits zahlreiche Landkreise mit einem Brachflächenanteil von über 10 %. Für die Regionalplanung und die Entwicklungsplanung im ländlichen Raum kommt als weiteres Problem hinzu, daß dem ständigen Abgang durch Aufforstungen, vorübergehende oder auch ständig landwirtschaftliche Wiederbewirtschaftung und Bebauungen gegenüberstehen. Man hat es also mit einem sehr dynamischen Prozeß zu tun. Nicht der Anteil an Brachflächen, sondern auch das örtliche Vorkommen ist einer ständigen Veränderung unterworfen.

Es ergibt sich daraus ein Informationsbedürfnis, sowohl aus

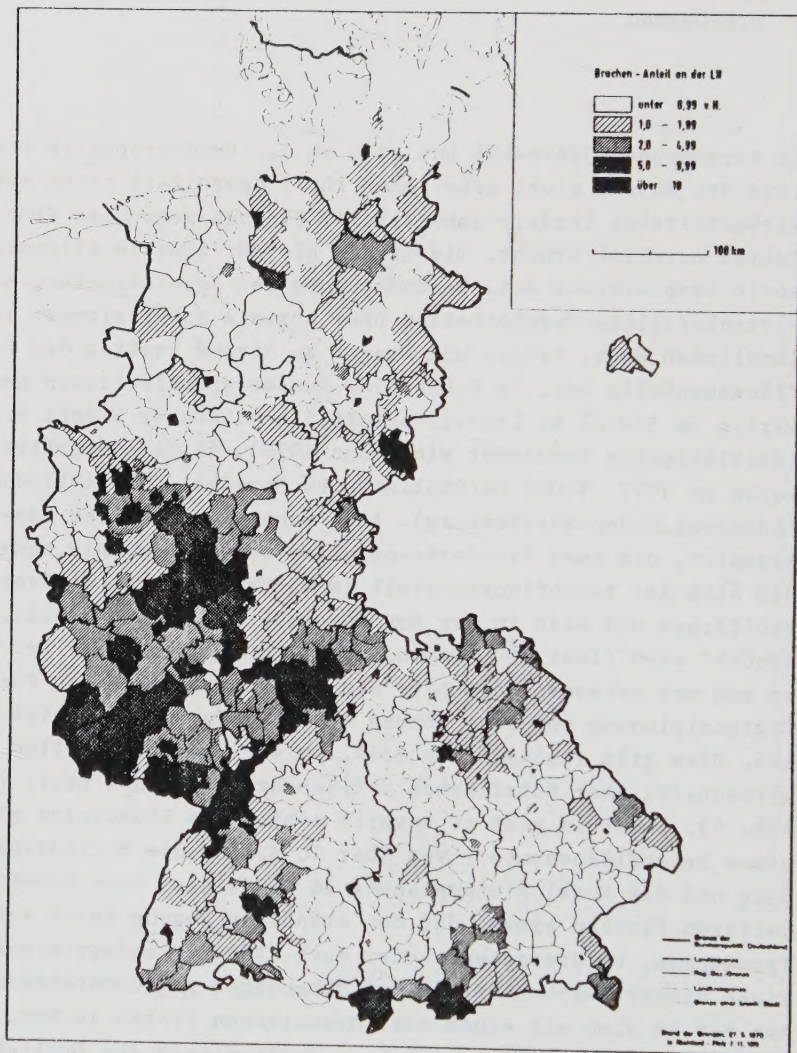


Abb. 1 Nicht mehr landwirtschaftlich genutzte Flächen v.H. der landwirtschaftlichen Nutzfläche in der Bundesrepublik (aus Natur und Landschaft, 48, Jg. 1973, Heft 3)

großräumigen agrarstatistischen Gründen, als auch aus Gründen der lokalen Landes- und Landschaftspflege, sowie der Regionalplanung. Die Frage einer Erhebung aller Brachflächen zu einem gegebenen Zeitpunkt in einem bestimmten Naturraum oder einem politischen Bezirk, und die örtliche, wie auch großräumige Beobachtung der ständigen Veränderungen und damit der Entwicklung der Brachlandsituation in quantitativer, wie auch qualitativer und lokaler Hinsicht, sind damit zu einer wichtigen künftigen Inventuraufgabe geworden.

Mit der vorliegenden Arbeit soll ein Beitrag zur Lösung der damit verbundenen Inventurprobleme geleistet werden. Es geht dabei noch nicht um die Entwicklung eines vollständigen Inventurverfahrens, sondern vielmehr um die methodische Teilfrage, ob Luftbilder als Informationsträger für Brachflächeninventuren, -kartierung oder -analysen dienen können.

1. DEFINITION VON BRACHFLÄCHEN

Die vorliegende Arbeit erfordert zunächst eine Begriffsbestimmung. Dabei wird es sich nicht um einen eigenen, grundsätzlichen Beitrag zur Abgrenzung und Definition der verschiedenen, möglichen Formen des Brachlandes handeln. Es ist auch nicht beabsichtigt, sich kritisch mit den, in der Literatur benutzten, z. T. auseinandergehenden Definitionen auseinanderzusetzen. Notwendig ist es vielmehr nur festzustellen, was für die Zwecke der vorliegenden Arbeit an Abgrenzungen notwendig ist, was aber auch Gegenstand der Untersuchung ist, und welche Begriffe dafür im einzelnen verwendet wurden.

Hier wird bezüglich der Fläche eines Untersuchungsraumes (Inventurgebiet) von der folgenden Kategorie ausgegangen:

1. Siedlungen

Einschließlich eingeschlossener, privater und öffentlicher Grünanlagen und Gärten, Verkehrsanlagen, Sportplätze und unbenutzter Grundstücke bzw. Bauplätze.

2. Verkehrsanlagen

Außerhalb von Siedlungen liegende Straßen, Bahnlinien, Rollbahnen (ohne Wasserwege), einschließlich dazugehörenden Anlagen.

3. Wasserläufe und -flächen

4. Landwirtschaftlich genutzte Flächen

In der Definition und Aufgliederung der Bodennutzungserhebung in der Bundesrepublik Deutschland seit 1970, in Übereinstimmung mit der Agrarstatistik der Mitgliedsstaaten der EG.

5. Wald

6. Unkultivierte Bodenflächen (außerhalb bebauter Gebiete)

6.1 Brachliegende, nicht mehr genutzte landwirtschaftliche Flächen

6.2 Ödland

6.3 Unland

6.4 Unkultivierte Moorflächen

Gegenstand der Untersuchungen in dieser Arbeit sind ausschließlich die unter 6.1 genannten brachliegenden, nicht mehr genutzten, früher landwirtschaftlich genutzten Flächen.

Zur Begriffsbestimmung der "brachliegenden, nicht mehr genutzten landwirtschaftlichen Flächen", die hier, unabhängig von ihrer Entstehungsursache, im Folgenden als "Brachflächen" bezeichnet werden, ist hinzuzufügen:

Der Begriff "Brache" hat seinen Ursprung in dem altdutschen Tätigkeitswort "brahha" (brechen), im Sinne von aufbrechen der Ackerkrume oder Grasnarbe. Bei der früher üblichen Fruchtfolge (Dreifelderwirtschaft) blieb immer ein Drittel der Ackerfläche während eines Sommers zur Erholung des Bodens brachliegen. Die Brache war daher eine zeitlich und räumlich fest eingeplante Betriebsform der Landwirtschaft. Diese wenig produktive Fruchtfolge ist im Verlauf des letzten Jahrhunderts durch eine Wechselwirtschaft mit Düngung und verbesserten Verfahren überholt worden. Geblieben ist der Begriff "brach", dessen Bedeutung sich mit der Zeit veränderte; man versteht heute im allgemeinen Sprachbrauch darunter "unbenutzt, liegenbleiben" (Bosshard 1973).

So ist seit 1970 in Übereinstimmung mit der Agrarstatistik der EG-Mitgliedsstaaten bei der Bodennutzungserhebung in der Bundesrepublik für das seit einem Jahr und länger nicht mehr

genutzte Äcker-, Grün-, Reb- oder Obstbaumland gebrauchte Flächenkategorie "brachliegende nicht mehr genutzte landwirtschaftliche Fläche" folgerichtig. Diese Kategorie ist abgesetzt gegenüber den Kategorien "landwirtschaftlich genutzte Fläche" (LF) und "Wald", sowie gegenüber dem "Ödland", dem "Unland" und den "nichtkultivierten Moorflächen".

Abgrenzungsschwierigkeiten gibt es dabei nicht nur bei der Luftbilddauswertung, sondern auch bei terrestrischer Einstufung, und schließlich auch bezüglich der Begriffsbestimmung gegenüber dem Ödland und den Waldflächen. Dies insbesondere, da langjährig brachliegende, frühere landwirtschaftlich genutzte Flächen unter bestimmten standörtlichen Bedingungen in Ödland, oder aber durch den sich natürlich einstellenden Baumbewuchs, in Waldflächen übergehen können.

Die landwirtschaftlich (seit einem Jahr und länger) nicht mehr genutzten Flächen, die "Brachflächen", können aus unterschiedlichen Gründen entstehen. Sie sind gegenwärtig i.d.R. Zeichen einer extensiver werdenden, oder gar auslaufenden Agrarproduktion (Hachenberg 1968) und überwiegend Folge sozio-ökonomischer Wandlungen.

Mit der Umschreibung "landwirtschaftlich nicht mehr genutzte Flächen" werden die definitorischen Schwierigkeiten mit dem Begriff "Sozialbrache" umgangen. Dieser Begriff wird nach Buring (1970) seit 1952 in der Literatur verwendet. Seine Bestimmung blieb jedoch umstritten. So wird er offensichtlich zunächst und auch bis heute noch von namhaften Autoren (Buring, Kötter, Ruppert, u.a.) allein oder ganz vorwiegend im Zusammenhang mit den aus "Umschichtungsprozessen im Schatten der Industrieagglomeration", Kötter (1955) resultierenden Brachflächen gesehen. Ruppert (1958) definiert z.B. Sozialbrache als das Brachfallen bisher landwirtschaftlich genutzten Flächen infolge einer sozialen Differenzierung.

Allmählich wird der Begriff der Sozialbrache aber auch weiter gefaßt. So bezeichnet Neumeyer (1972) jene Flächen als Sozialbrache, "die aus wirtschaftlichen oder sozialen Gründen - in jedem Fall aufgrund einer persönlichen Entscheidung des Eigentümers - nicht mehr bewirtschaftet werden". Für ihn ist die sogenannte "Spekulationsbrache" und die "Strukturbrache", deren Entstehen von natürlichen Produktionsfaktoren (Bodengüte usw.)

kaum oder überhaupt nicht beeinflußt ist, ebenso eingeschlossen wie die "Grenzertragsbrache". Gleichsinnig faßt auch Meisel (1973) den Begriff Sozialbrache auf.

Angesichts dieser Begriffsunsicherheit bzw. Wandlungen wird hier auf das Wort "Sozialbrache" verzichtet, und allein auf die o.a. Umschreibung "seit einem Jahr oder länger nicht mehr landwirtschaftlich genutzte Flächen" = Brachflächen abgestellt. Solche Brachflächen können also aus verschiedenen Ursachen - nach denen hier nicht gefragt wird - entstanden sein. Sie können demzufolge "Grenzertragsbrache", "Strukturbrache", "Sozialbrache im ursprünglichen, engeren Sinne", "Spekulationsbrache" usw. sein.

2. GEGENWÄRTIGE SITUATION UND ENTWICKLUNG SEIT 1970

Schon in der Einführung war auf das Ansteigen des Brachflächenanteils in der Bundesrepublik Deutschland hingewiesen worden. Es ist nicht Aufgabe dieser Arbeit die gegenwärtige Situation und die Entwicklung der letzten Jahre oder Jahrzehnte zu untersuchen. Es erscheint jedoch zweckmäßig, die in der Einführung aufgestellten diesbezüglichen Behauptungen, durch einige konkrete Angaben zu belegen und zu differenzieren. Die folgenden Angaben wurden den einschlägigen Berichten der Statistischen Landesämter und des Statistischen Bundesamtes entnommen. Die Daten werden dabei nur bis 1971 zurückgeführt, da erst ab diesem Jahr einheitliche und von da ab gleichbleibende Definitionen für die nachgewiesenen Flächenkategorien verwendet wurden. In allen Fällen handelt es sich im folgenden um die Kategorie "brachliegende, nicht mehr genutzte landwirtschaftliche Fläche", das heißt, daß weder "Öd- und Unland" noch "Abbauflächen" und "unkultivierte Moorflächen" in diesen Zahlen eingeschlossen sind.

Die gegenwärtige Situation und die Entwicklung der letzten Jahre bezüglich vorhandener Brachflächen in der Bundesrepublik, im Bundesland Baden-Württemberg und in dem, für die folgende Untersuchung im Kapitel 5 und 6 vor allem herangezogenen Raum (Kreis Rastatt), wird durch die Tabellen 1 und 2, sowie durch die Abb. 2 verdeutlicht.

Die Situation für die gesamte Bundesrepublik ist durch einen stetigen Anstieg der brachliegenden, nicht mehr landwirtschaftlich genutzten Flächen zwischen 1970 und 1976 gekennzeichnet. Die jährliche Zunahme Tab. 2 liegt zwischen 2300 ha (= 0,7 %) und 24300 ha (= 11 %). Ein Blick auf die Karte 1 zeigt, wo sich vor allem brachliegende Flächen konzentrieren. Es handelt sich vor allem um größere, geschlossene Gebiete im Saarland, in Rheinland-Pfalz, in Nordbaden,

Tab.1	Brachliegende, nicht mehr genutzte landwirtsch. Fläche					
	B R D Flächen- anteile		Bad.-Wttbg. Flächen- anteile		Kr. Rastatt Flächen- anteile	
Jahr	ha	%	ha	%	ha	%
	1	2	3	4	5	6
1970	212065	0,85				
1971	244928	0,98	47724	1,34	4025	7,54
1972	255066	1,02	42863	1,20	3931	7,36
1973	271820	1,09	42668	1,20	4606	6,12
1974	294590	1,19	45310	1,27	4782	6,24
1975	307827	1,24	44284	1,24	4477	6,12
1976	310122	1,25	43116	1,21	4218	5,60
1977			43051	1,21	4539	6,00

Quellenangabe im Text

Tab. 2 Zunahme der Brachfläche in der B R D
in ha und Prozent

Jahr	1000 ha	%
1970		
1971	+ 24,3	+ 11,0
1971		
1972	+ 10,1	+ 4,1
1972		
1973	+ 17,0	+ 6,6
1973		
1974	+ 22,8	+ 8,4
1974		
1975	+ 13,2	+ 4,5
1975		
1976	+ 2,3	+ 0,2

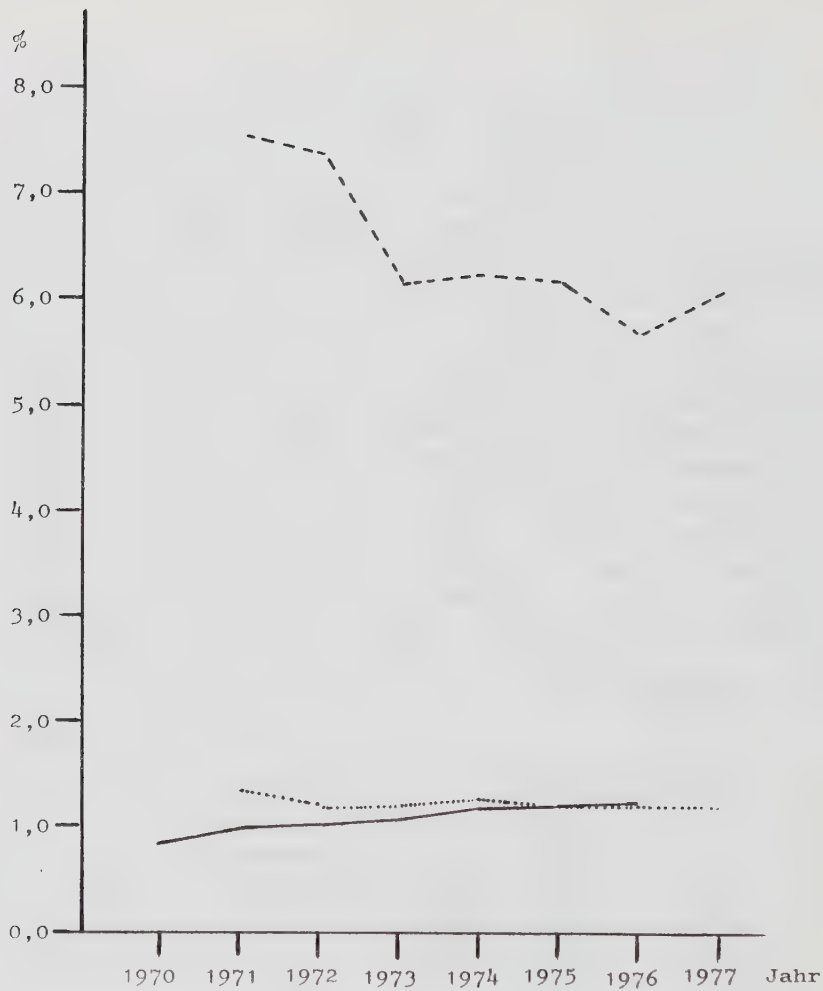


Abb. 2: Diagramm für die Brachflächenanteile in Prozent der Wirtschaftsfläche

— BRD
 Baden-Württemberg
 ---- Kreis Rastatt

im Raum westlich Frankfurt (einschließlich dem Spessart) und rechtsrheinisch zwischen Wiesbaden und dem Ruhrgebiet, mit einem besonderen Schwerpunkt im Westerwald. Da die Zahlen für 1977 noch nicht vorlagen, kann nicht gesagt werden, ob die nur noch geringe Zunahme an Brachflächen von 1975 auf 1976 eine Tendenzwende anzeigt.

In Baden-Württemberg liegt der Brachflächenanteil in etwa in Höhe derjenigen der Bundesrepublik. Er war am Anfang der 70er Jahre größer und ist gegenwärtig (1976/1977) etwas geringer als im Bundesgebiet. Auffallend ist, daß in diesem Bundesland seit 1971 -entgegen der Entwicklung in der gesamten Bundesrepublik- die Brachflächen absolut und prozentual, bezogen auf die gesamte Wirtschaftsfläche des Landes, leicht abnahm. Aufforstungen und Rekultivierungen werden im Bericht des Statistischen Landesamtes dafür als Gründe angegeben.

Während sich für die Bundesrepublik und auch für das Bundesland Baden-Württemberg eine relativ stetige Entwicklung zeigt (Abb. 2, Tab. 1), schwanken sowohl die absoluten, als auch die prozentualen Zahlen für den Kreis Rastatt von Jahr zu Jahr stärker. Hier ist zu berücksichtigen, daß die gesamte Fläche des Landkreises im Beobachtungszeitraum nicht gleich blieb. 1972 kamen Gemeinden zum Landkreis hinzu. So kommt es, daß trotz eines merkbaren Anstiegs der Brachflächen von 1972 auf 1973 der relative (= prozentuale) Brachflächenanteil deutlich sank. Sieht man von dieser sprunghaften Veränderung ab, so drücken sich in dem jährlichen Auf und Ab des prozentualen Brachflächenanteils vor allem zeitlich konzentrierte Aufforstungskampagnen aus. Geringfügige Schwankungen, die durch das, der Datenerhebung zugrunde liegende Betriebsprinzip entstanden sind, können vernachlässigt werden. Insgesamt zeigt sich im Kreis Rastatt mit seinem, im Vergleich zum Landesdurchschnitt besonders hohen Brachflächenanteil, die gleiche, leicht abnehmende Tendenz, wie im Land Baden-Württemberg insgesamt.

3. ALLGEMEINE PROBLEMSTELLUNG

Vor dem Hintergrund der im Kapitel 2 dargestellten Situation und Entwicklungen, erhebt sich die Frage nach einer laufenden oder kurzperiodischen, betriebsunabhängigen Inventur und Beobachtungen des Zustandes und der Entwicklung der Landnutzung, insbesondere des aktuellen Brachflächenanteils, der Entstehung neuer, der Weiterentwicklung bestehender, und der Wiederbewirtschaftung bzw. Aufforstung bisheriger Brachflächen.

Wie kann ein solches, permanentes Inventursystem aussehen? Die Landes- und Bundesstatistiken stützen sich bekanntlich, bezüglich der Flächenangaben über die Hauptnutzungsarten auf die, - zumeist im Februar/März durchgeführten -, vollständigen, gemeindeweise vorgenommenen "Bodennutzungsvorerhebungen". Diese werden nach dem Betriebsprinzip¹⁾ durch Erhebungen bei den Gemeinden und von diesen durchgeführt. Eingeschlossen werden dabei jedoch nur land- und forstwirtschaftliche Betriebe bzw. Besitze von Bodenflächen, die mindestens 0,5 ha Gesamtfläche umfassen. Die Ergebnisse dieser, in der Bundesrepublik zweifellos insgesamt funktionierenden, auf Umfrage bei tausenden von Gemeinden und deren Antworten angewiesenen Bodennutzungserhebungen, sollen hier nicht in Frage gestellt werden. Dennoch ist auf die Mängel einer solchen dezentralisierten Erhebungsmethode hinzuweisen:

- Die Zuverlässigkeit und damit letztlich die Genauigkeit der Angaben ist örtlich unterschiedlich, insgesamt nicht kontrollierbar und gegebenenfalls mit Fehlern behaftet, die auf Informationsmängel (Unorientiertheit der beantwortenden Stelle), auf Nachlässigkeiten, unter Zeitdruck usw. zurückzuführen sein

¹⁾ Beim Betriebsprinzip der Erhebung (im Gegensatz zum Belegenheitsprinzip) werden sämtliche selbstbewirtschafteten Flächen den Inhabern von land- und forstwirtschaftlichen Betrieben ohne Rücksicht auf die Belegenheit von der Gemeinde nachgewiesen, in der diese Inhaber ihren Betriebsbesitz haben.

können.

- Die Einheitlichkeit der Angaben ist z.T. sicher nicht gewährleistet (Zuordnungsprobleme, Mißverständnisse in der Auslegung der Fragen).

- Vollständigkeit wird durch das aus arbeitsorganisatorischen Gründen gerechtfertigte Flächenlimit von 0,5 ha nicht erreicht. Gerade bezüglich brachliegender Flächen mag dies die Statistik örtlich gravierend beeinflussen.

- Schließlich kann auch nicht ausgeschlossen werden, daß gemeindepolitische Erwägungen bestimmte Antworten auf die Fragen der Bodennutzungserhebungen beeinflussen, und das Ergebnis damit ggf. verfälschen.

Die sich aus den genannten Mängeln ergebenden Nachteile betreffen alle Bodennutzungsarten, in besonderer Weise aber auch die Angaben über jeweils brachliegende, nicht mehr genutzte Flächen. Hier wird angesichts solcher Mängel dieser Erhebungsmethode deshalb, in Bezug auf die Erfassung von Brachflächen, gefragt:

Können Luftbilder als unbestechliche und vollständige Informationsträger über die aktuelle Landnutzung für solche Interventionen und Beobachtungen eingesetzt werden? Daraus wiederum ergeben sich Testfragen der Luftbildinterpretation, die zunächst geklärt werden müssen:

- a) Wie stellen sich Brachflächen verschiedener Art im Luftbild dar?
- b) Wie lassen sie sich gegenüber regelmäßig land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen unterscheiden?
- c) Können Brachflächen nach ihrem "Alter" klassifiziert werden?
- d) Welche Aufnahmebedingungen für die Luftbildaufnahme sind für die Erkennung und Klassifizierung des Brachlandes zweckmäßig? (Jahreszeit, Film, Filterwahl, Maßstab)

Nicht alle diese methodischen Fragen sollen und können durch die vorliegende Arbeit gelöst werden. Es soll jedoch ein Anfang gemacht werden, denn es gibt noch keine Arbeit, die sich systematisch mit der Frage der Erkennung und Klassifizierung von Brachflächen im Luftbild befaßt. Durch die folgenden Untersuchungen wird, zunächst im Sinne einer Fallstudie, die Möglichkeit einer visuellen, herkömmlichen Luftbildinterpretation und einer darauf aufbauenden, mit einfachen photogrammetrischen Mitteln zu bewerkstelligenden Kartierung von Brachflächen untersucht (Kap. 5). Es wird dabei sowohl die Frage der Identifizierung von Brachflächen im Luftbild, als auch jene nach der Klassifizierung der Brachflächen nach deren Alter gestellt.

Da einerseits die visuelle Luftbildinterpretation stets von der Fähigkeit der Interpreten in ihrem Ergebnis abhängt und dabei auch subjektiven Einflüssen unterliegt, andererseits für großräumige, permanente Erhebungen die Entwicklung von digitalen, computergestützten Auswertemethoden im Gange ist, wurde ferner nach quantitativen Ausbildungsunterschieden von Brach- und Nutzflächen gefragt. Untersucht wurde dabei in Infrarot-Farbluftbildern sowohl die Helligkeit der Abbildungen (Absch. 6.1), als auch die Farbanteile (Absch. 6.2) der verschiedenen Brach- und Nutzflächen.

Brachflächen können je nach standortlichen Verhältnissen sehr unterschiedliche, pflanzensoziologische Verfassungen aufweisen und Entwicklungen durchmachen. Ihr Aussehen -in der Natur und auch im Luftbild- kann dementsprechend ebenfalls sehr verschiedenartig sein. Aus dieser allgemeinen Erkenntnis heraus beschränkt sich die folgende Arbeit auf die Behandlung der o.a. Fragen in einem konkreten Untersuchungsraum. Es wird jedoch diesem Untersuchten eine allgemeine Betrachtung über die bisher bekannten Interpretationserfahrungen bezüglich der Brachflächenerkennung vorangestellt (Kap. 4), in welcher auch auf die standörtlich bedingten Abbildungsunterschiede von Brach-

flächen eingegangen wird.

Eine weitere Begrenzung der Thematik wird dadurch vorgenommen, daß die Untersuchungen anhand von einheitlichem Luftbildmaterial durchgeführt wird. Vorangestellte Überlegungen hatten dazu geführt, daß großmaßstäbliche, im August aufgenommene Infrarot-Luftbilder, für diese Untersuchungen herangezogen wurden.

Auf die Einbeziehung von multispektralen Scannerdaten mußte verzichtet werden, da solche zu Beginn der Arbeiten in der Bundesrepublik noch nicht zur Verfügung standen und später (nach 1975) das Untersuchungsgebiet für diese Arbeit in keine der Befliegungsprogramme aufgenommen werden konnte.

4. BISHERIGE INTERPRETATIONSERFAHRUNGEN

4.1 Allgemeines zur Luftbildinterpretation

Die Gewinnung der Luftbilder als Informationsträger über den Zustand und die Struktur des aufgenommenen Geländes geschieht aus einem Flugkörper heraus durch Fotografie. Die Informationen werden auf lichtempfindlichem Material (Film oder Fotopapier) gespeichert.

Im Gegensatz dazu gewinnt und speichert man bei nichtfotografischen Aufnahmen mit Multispektralscannern, Thermalscannern und abbildenden Radargeräten die Informationen auf anderer Grundlage, und zwar durch den Empfang von reflektierten Licht- und (nahen) Infrarotstrahlen, von emittierten Wärmestrahlen oder von reflektierten Radarimpulsen durch geeignete Detektoren, und durch die Registrierung der empfangenen Daten auf Magnetband. Von dort können die Daten in Bildinformationen umgewandelt und auf Filmen festgehalten werden.

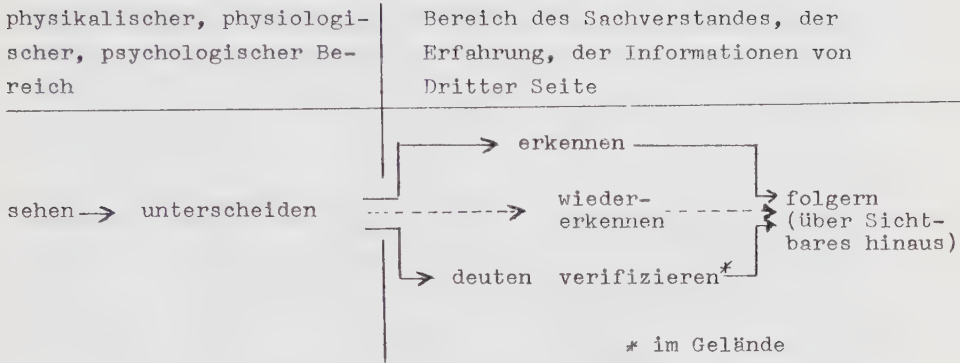
Die Auswertung des fotografischen Materials und der nichtfotografischen Aufzeichnung kann sowohl visuell als auch digital durchgeführt werden.

Bei der visuellen Bildauswertung spielt der Mensch als Interpret die wichtigste Rolle. Er beurteilt Objekte, Objektunterschiede oder im Bild erkennbare Strukturen, nach vorausgegangener Zielbestimmung auf Grund seiner Fachkenntnisse, Erfahrung und gegebenenfalls ihm bekannter Informationen von dritter Seite. Man geht zur Identifizierung dieser Objekte von direkt sichtbaren Informationen und Abbildungen, aber auch von im Bild erkennbaren Sachzusammenhängen, die Rückschlüsse auf nicht unmittelbar Sichtbares erlauben, aus.

Hildebrandt¹⁾ gibt dazu in seinen Vorlesungen folgendes vereinfachtes Schema, welches die Vorgänge beim Interpretieren von

¹⁾G. Hildebrandt "Einführung in die Luftbildmessung und Luftbildinterpretation für Studierende der Forst- und Geowissenschaften" Vorlesung an der Universität Freiburg (1973 ff)

Luftbildern darstellt:



Aufbauend auf eingehende Studien von Hempenius (1964), Schmidt-Falkenberg (1966) u.a. beschreibt Schneider (1974) die physiologischen und psychologischen Vorgänge beim Interpretieren von Luftbildern wie folgt:

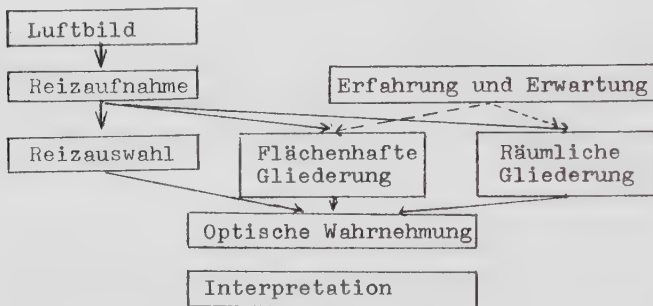
Objekt	Reizquelle (Bild)	physikalisch
Fotogr. prozeß	Reizaufnahme (Auge)	physiologisch
Wahrnehmungsprozeß	Reizverarbeitungsprozeß (Gehirn)	psychologisch
Interpretation	Bewußtsein	

a) b)

a) Interpretationskette

b) Stationen der Wahrnehmung (Schneider 1974)

Nach Albertz (1970) und Schneider (1974) wird bei der Luftbildinterpretation die aktive Tätigkeit des Gehirns, die Reizauswahl, die flächenhafte und die dreidimensionale Gliederung der aufgenommenen Informationen als "Interne Organisation" bezeichnet.



Wahrnehmung und Interpretation
(nach Albertz 1970)

Der Interpret gliedert den Inhalt des Luftbildes in verschiedene Kategorien, z.B. in Kultur-, Brach- und Waldflächen, oder weiter aufgeschlüsselt in:

Kulturfläche	Acker, Grünland
Brachfläche	junge Brache, alte Brache
Waldfläche	Nadelwald, Laubwald, Mischwald.

Ausgangspunkt sind im Luftbild enthaltene Informationen physikalischer Art über die Objekte, wie Größe (Ausdehnung), Höhe, Tönung und Textur einzelner Objekte oder ganzer Landschaftstypen.

Vorzug der visuellen Auswertung ist, daß der Mensch bestimmte Flächen im Rahmen der genannten Kategorien auch dann als eine Einheit erfaßt, wenn die natürliche Textur (fein, grob) oder die

Tönung im Luftbild uneinheitlich oder stellenweise anomal (gestört) ist und wenn Teile im Schatten liegen. Anders als bei der nichtvisuellen Auswertung kann der Interpret solche Anomalien i. d. R. erkennen, ja oft sogar für die Identifizierung bestimmter Objekte ausnützen. Weitere Vorzüge der fachmännischen visuellen Interpretation sind die dabei mögliche Erfassung komplexer Zusammenhänge im Landschaftsgefüge, die Erkennung groß- und kleinräumiger Strukturen und räumlichen Ordnungen sowie - bei stereoskopischer Luftbildauswertung - die Einbeziehung der Raumstrukturen in die Interpretation des Bildinhalts. Diesen Vorzügen der visuellen Interpretation stehen einige Nachteile gegenüber, die auf das begrenzte Wahrnehmungsvermögen des Interpreten zurückzuführen sind. So ist sowohl dessen Fähigkeit Farb- bzw. Grautöne und Helligkeitsunterschiede zu differenzieren als auch multispektrale Auswertungen vorzunehmen, begrenzt.

Dem Interpreten stehen bei der visuellen Interpretation der Luftbilder zahlreiche Hilfsgeräte zur Verfügung, beginnend mit der Lupe und dem Spiegelstereoskop, bis hin zu Spezialgeräten wie dem Interpretoskop usw.

Bei der nichtvisuellen, halb- oder vollautomatischen Auswertung des Luftbildes und der nichtfotografischen Aufzeichnung spielt der Mensch als Beobachter und Auswerter keine (vollautomatische Auswertung) oder nur eine eingeschränkte Rolle (bei halbautomatischen, "interaktiven" Auswertungsverfahren).

Zur Deutung und Identifizierung des Bildinhalts und der fotografischen Aufzeichnung wird er weitgehend durch computergestützte Auswertung, zuvor in der Bildvorlage gemessener Dichte- oder Farbwert oder bereits primär vorliegender Digitalwerte, ersetzt. Erst nachdem ein oder mehrere Objekte mit Hilfe von rechnerischen Größen festgelegt worden sind, bestimmt der Mensch wieder weitgehend das Geschehen, in dem er die Ergebnisse, die einen hohen Grad an Objektivität aufweisen, übernimmt, und sie je nach Fragestellung

verwendet.

Vorzüge der digitalen Bildauswertung gegenüber der visuellen sind vor allem durch die weitergehende und objektive Erfassung von Tönungs- und Helligkeitseigenschaften einzelner (kleinster) Bildpunkte, durch die Möglichkeit simultaner multispektraler Aufnahmedaten und durch die Möglichkeiten computergestützter Auswertung gegeben.

Nachteile digitaler Auswerteverfahren treten vor allem bei komplexeren oder differenzierten Fragestellungen auf. Zahlreiche Aufgaben, die mit visueller Interpretation und damit voller Einbeziehung des Sachverstandes und der Erfahrung des Interpreteten lösbar sind, bleiben einer automatisierten, digitalen Auswertung zwangsläufig verschlossen. Aber auch bei einfacheren Interpretationsaufgaben treten Begrenzungen in Erscheinung:

Eine Anzahl von Abbildungserscheinungen, die der Interpret bei visueller Auswertung zu erkennen und zu interpretieren vermag (s.o.), treten bei nichtvisueller Auswertung als Störfaktoren auf, und können gegebenenfalls zu Fehlinterpretationen führen.

Komplexe Zusammenhänge im Landschaftsgefüge und daraus zu ziehende Schlußfolgerungen können nur in vergleichsweise begrenztem Umfang herausgearbeitet werden. Es muß ferner bei digitalen (Auto-) Auswerteverfahren davon ausgegangen werden, daß bestimmte Objekte gleiche oder sehr ähnliche Abbildungseigenschaften aufweisen, da sie sonst vom Auswertungsprogramm nicht als gleich erkannt werden können. Die Chance, in der Natur sehr heterogene Objekte mit großer Zuverlässigkeit durch digitale Auswertungsverfahren zu erkennen, zu klassifizieren, ist daher gering. Dementsprechend groß ist dagegen die Chance, homogene Objekte zu erkennen und mit entsprechender Zuverlässigkeit zu klassifizieren.

4.2 Brachflächen im Luftbild

Im Anschluß an das zuvor gesagte ist nunmehr zunächst anhand von Literaturbelegen zu fragen, wie sich Brachflächen im Luftbild bzw. in anderen Fernerkundungsaufzeichnungen darstellen. Offensichtlich gehören Brachflächen nicht zu den zuletzt genannten "homogenen" Objekten. Sie können in der Natur, wie dann auch in ihrer Abbildung im Luftbild als "Bildgestalt", sehr unterschiedlich aussehen. Dies in Abhängigkeit von Wuchsgebiet, von lokalen Standortsfaktoren, vom Alter der Brache und gegebenenfalls von gelegentlichen anthropogenen Einflüssen. Das standortsabhängige Auftreten verschiedenartiger Pflanzengesellschaften und Sukzessionen führt in den verschiedenen Entwicklungsstadien von Brachflächen zu sehr unterschiedlichen Ausformungen. Die Unterscheidung in Brachflächen und regelmäßig bearbeiteten Kulturflächen ist dennoch oder gerade deswegen in Luftbildern der mitteleuropäischen Kulturlandschaft in vielen Fällen möglich. Schwierig wird es oft bei der Erkennung und Abgrenzung ganz neuer, ein- bis zweijähriger Brachflächen und vor allem dann, wenn man versucht, Brachflächen nach ihrem Alter zu klassifizieren. Zwar erscheint es in manchen Fällen möglich, an bestimmten Bildmerkmalen bzw. Objektmerkmalen, wie z.B. dem Vorhandensein von Büschen oder dem Grad der Verbuschung eine relative Einstufung des Alters einer Brache vorzunehmen, doch ist auch ein solches Merkmal oft trügerisch. So benötigt man i.d.R. Über die aus den Luftbildern zu gewinnenden Informationen hinaus bezüglich der Alterseinstufung Zusatzinformationen von dritter Seite, z.B.

- durch stichprobenweise Geländeaufnahmen
- durch Befragung einschlägig orientierter Personen
- durch Sichten vorhandener statistischer Unterlagen.

In der Literatur finden sich vereinzelte Hinweise auf die Erkennung und z.T. auch Klassifizierung von Brachflächen in Luftbildern.

Krause (1962) hat, ohne dabei den Begriff "Brachfläche" zu verwenden, in einer Arbeit über "Die Analyse des Landschaftsbaus in der Luftbilddauswertung" die Erkennung und Klassifizierung von Weidefläche mit "geringem Wirtschaftswert" beschrieben. Diese Flächen sind im Sinne dieser Arbeit Brachflächen oder doch zumindest diesen gleichzustellende Flächen mit nur gelegentlicher Nutzung als Weidefläche. Krause findet sie bei seiner Luftbildstudie (panchromatisch, Luftbilder 1 : 10 000) einer Landschaft im Südschwarzwald an steilen Konvexhängen und auf unfruchtbaren Felsbuckeln. Erstere sind im Stereoluftbild erkennbar und fallen zusätzlich durch Baumanflug auf. Beginnende Bewaldung bildet zwar nach Krause, dem es in erster Linie nur um eine Charakterisierung von Standortsbedingungen ging, noch keinen hinreichenden Beweis für ungünstige Bedingungen, doch zeige sie, daß Weidevieh dort selten hingelangt. Es sind entweder schwer zugängliche und nicht oder nur gelegentlich benutzte Weiden. Auch die felsigen Buckel sind im Luftbild interpretierbar. Auch hier ist typisch, daß neben eventuell direkt im Luftbild erkennbaren Felsen, Steinriegeln oder Geröll, Baumanflug solche Flächen kennzeichnet.

Eine andere Kategorie der brachliegenden Flächen ist Krause an ihrer "hellen Farbe" aufgefallen. Es handelte sich um Flächen mit "überständigem Gras".

Analog zu den Klassifizierungen von Mittelgebirgsweideflächen im Schwarzwald mittels Luftbildinterpretation durch Krause, finden sich in der nordamerikanischen Literatur zahlreiche Hinweise von Möglichkeiten der Luftbildklassifizierung verschiedenartigen "range lands". Auch dort belegen mehrere Arbeiten die Möglichkeit, Klassifizierungen im Luftbild nach der Qualität des Weidelandes vorzunehmen. Die dabei ausgeschiedene Flächenkategorie geringster Qualität, umfassen ihrem Wesen nach Flächen, die dem Erscheinungsbild und der Nutzungsform nach dem Brachland im Sinne dieser Arbeit vergleichbar sind (vgl. hierzu Manuel of Photographie Interpretation 1960, Kapitel 9). In einer weiteren Arbeit (1962) be-

schreibt Krause "Naßweiden des Talbodens mit sehr unausgeglichene Pflanzenbeständen und starkem Baumanflug", die im Luftbild gut erkennbaren Flächen von "geringem Wirtschaftswert" sind mit Binsen, Sauergräsern, Moorbeere, einzelnen Büschen und Bäumen bestanden.

Schwaar (1972) konnte aufgelassene Grünlandflächen in nordwestdeutschen Niederungsstandorten in Farbluftbildern gut erkennen und gegenüber umgebendem, noch intensiv genutztem Grünland und natürlichen Röhrichtflächen abgrenzen. Seine Erfahrungen faßt er wie folgt zusammen:

"Ein Luftbild vom 2. Mai erbrachte eine gute Übersicht. Durch den phänologischen Farbaspekt (frühes Austreiben) sind das intensiv genutzte Grünland und das Wasserschwadenröhricht gut von der übrigen Vegetation wegen des späteren Austreibens zu unterscheiden. Diese letzteren lassen durch ihre Hell-Dunkel-Gegensätze noch eine weitere Differenzierung in Bildelementen zu, denen teilweise bestimmte Pflanzengesellschaften und Artenkombinationen zugeordnet werden können Erste Ansätze einer Verbuschung ... mit Weiden und Faulbaum ließen sich feststellen. Das aufgelassene Grünland gehört zu einer noch nicht im Gleichgewicht befindlichen Artenkombination. Dennoch ließen sich jetzt hier schon zwei Typen ausscheiden.

1. Dominanz der Flatterbinse (*Juncus effusus*)
2. Dominanz des vernachlässigten Reitgrases (*Calamagrostis neglecta*)" (Schwaar 1972).

In einer ganz anderen Landschaft, dem Siebkreis, ist Schneider (1974, S. 388 -392) die Differenzierung von Brachland offenbar nicht schwergefallen. Ohne auf Erkennungszeichen einzugehen gibt er zu der Luftbildinterpretation einer Landschaft mit einem "Bauerndorf im Einflußbereich der Industrie" unter anderem folgende Hinweise: "Ebenso zeigt das Flurbild Spuren des Landschaftswandels. Kleine, anscheinend intensiv bebaute Parzellen liegen ne-

ben Brachland und bereits mit Siedlungshäuschen bebauten Flurstücken (Schneider 1974, S. 388).

Nobe, Hardy, Conklin (1961, zit. nach Schneider 1974, S. 392) haben die Möglichkeit der Erkennung von Brachflächen im Luftbild mit dazu benutzt, um eine Karte des wirtschaftlichen Potentials von Wirtschaftsbetrieben in einem kombinierten Verfahren von Luftbildinterpretation und Feldbegehung zu erarbeiten.

Auch Kenneweg (1973) konnte in einer Vorstudie zu der hier vorliegenden Arbeit auf im Herbst aufgenommenen, panchromatischen Luftbildern 1 : 10 000 von zwei Taunusgemeinden mit hohem Brachflächenanteil, die seit zwei Jahren und länger brachliegenden Flächen gegenüber noch intensiv genutzten Flächen "sehr verlässlich unterscheiden". Schwierigkeiten machte ihm bei dem gegebenen Luftbildmaterial die sichere Erkennung von vernachlässigten und nur noch extensiv genutzten landwirtschaftlichen Flächen, sowie erstmals brachliegenden Flächen. Hier kam er zu der Überlegung, daß diese "Übergangsstufen" wahrscheinlich im Hinblick auf spezifische, phänologische Erscheinungen durch Farbluftbilddaufnahmen im Frühjahr abgrenzbar sein werden (Kenneweg 1973).

Eine geschlossene Darstellung der Abbildung von Brachflächen in Luftbildern gibt Fischer (1975). Hier, wie bei dem zuvor zitierten Autoren, ist jedoch zu beachten, daß die Interpretation im Zuge bestimmter Fallstudien erfolgte, und auch jeweils auf bestimmte Landschaften begrenzt blieb. Es wurden also stets die in dieser Landschaft, bei den dort gegebenen Standorts- und Landentwicklungs-Bedingungen auftretenden Formen des Brachlandes beschrieben. Fischer arbeitete mit IR-Farbaufnahmen aus dem Kaiserstuhl. Seine Aussage zur Interpretation der Brachflächen lautet: "Die Ansprache (im Luftbild) einer Fläche als Ödland, als Brache usw., fällt nunmehr leichter. In erster Linie sind es solche Bereiche, denen bei erster Betrachtung, eine auffällige und mehr oder weniger regelmäßige Strukturierung fehlt, wie z.B.: zeitliche Rebanordnungen, Mähstreifen, kleine Parzellen mit unter-

schiedlichen Feldfrüchten. Mit wenigen Ausnahmen, wie Gebüsche und Zonen natürlicher Waldausbreitung, heben sie sich von den behandelten Nutzflächen zusätzlich durch andere Farbtöne ab. Vorherrschend sind hellere, blaugrau bis grüngraue Farbabstufungen, wobei in den Schattenbereichen auch hier der Blauanteil zunimmt. Bei sorgfältiger Betrachtung zeigt sich, daß diese Gebiete geradezu durch unregelmäßige Strukturen ausgezeichnet sind, die im folgenden näher zu erläutern sind. So erweisen sich die großen, kahlen, grasbewachsenen Hänge und Kuppen des Zentralkaiserstuhls als ein auf vielen kleinen Flächen unterschiedlicher Farbschattierungen zusammengesetztes Mosaik. Abgesehen von alten Parzellengrenzen und Terrassenböschungen, lassen sich kleine mehr oder weniger kreisförmige hellere von ebensolchen dunkleren unterscheiden. Feinstrukturierte Flächen wechseln ab mit grobstrukturierten, welche zum Teil sehr kleine punktförmige Schattenbereiche aufweisen.

Ein im Prinzip gleiches Bild geben die Verbuschungszonen und Flächen mit natürlicher Waldausbreitung ab. Sie finden sich in verschiedenen Expositionen und Hanglagen Unterschiedliche Farbtöne und Strukturen weisen auf Beteiligung vieler Arten¹⁾ hin. Im Luftbild lassen sich folgende Bereiche unterscheiden:

- Auffallend gering ist die Zahl der Einzelbüsche in den untersuchten Brachflächen. Sie weisen in der Regel keine Ausbreitungstendenz auf.
- Häufiger sind linear angeordnete Gebüsche oder Bäume anzutreffen. Größenunterschiede in einem solchen Streifen deuten Ausbreitung an.
- Innerhalb flächiger Anordnungen von Gebüschern oder Wäldern lassen sich anhand unterschiedlicher Farbe und Struktur solche Flächen, die nur von einer Art beherrscht werden, von anderen, an denen viele Arten beteiligt sind, unterscheiden.

¹⁾ Arten = Pflanzenarten hier z.B. Bäume und Gebüscharten. Es handelt sich bei der zitierten Arbeit von Fischer um eine vorwiegend pflanzensoziologische Studie.

Insgesamt sind drei Flächentypen erkennbar, davon zwei mit gleichmäßiger feiner Strukturierung, aber unterschiedlichem Farbton, und eine dritte mit grober Oberflächenstruktur, die einzelne Kronenformen erkennen läßt und in sich mehrere Farbtöne aufweist.

Hinsichtlich der Ausbreitungsweise werden im Luftbild zwei Verhaltensmuster erkennbar:

- Überwiegend geschlossene Ausbreitung von Gebüsch oder jungen Bäumen jeweils im Verband.
- einzelne kleine Schatten auf einem nördlich exponierten Hang weisen auf eine mehr lückige Ausbreitungsform hin.

Während die Ausbreitung sowohl hangauf- als auch hangabwärts erfolgen kann, tritt jedoch im Luftbild eine Abhängigkeit von Exposition und Hanglage deutlich hervor; und zwar werden steile Hangnasen, Grate und Hänge mit Süd- bis Südwestexposition gemieden (Fischer 1975, S. 28 - 29). Fischer, dessen Studie vor allem pflanzensoziologischer Art war, schreibt dann weiter, daß eine Klassifizierung der Vegetation der Brachflächen im Luftbild schwerfällt. Es gelingt ihm jedoch auf der Grundlage allgemeiner pflanzensoziologischer, ökologischer Überlegung, eine Reihe richtiger Schlußfolgerungen auf die vermutlich vorliegenden Gesellschaften zu ziehen.

In Arbeiten, die sich mit der Frage der Landnutzungsklassifizierung und Kartierung mit Hilfe der Fernerkundung befassen, fehlt fast nie die Kategorie "Brachland" bzw. "Ödland", und es wird dabei ebenso regelmäßig von erfahrenen Autoren unterstellt, daß diese Kategorien, oft noch untergliedert, in Luftbildern erkannt werden können.

Nur ein Beispiel für viele:

Schneider fordert für Übersichtsaufnahmen zur Landnutzungskartierung eine Kategorie "Ödland" und für die Hauptaufnahme eine

weitere Untergliederung dieser Kategorie nach "Brache, aufgelassene Felder", "ohne Böden, Felsgebiete". Er schreibt dazu "Die Hauptarten der Bodennutzung (Ackerland, Dauergrünland, Wald, Moor, Ödland, Wasser, bebaute Flächen) können in einer Übersichtuntersuchung bei gewisser Geländekenntnis aus Luftbildern mittlerer und kleinerer Maßstäbe ohne Schwierigkeiten identifiziert werden. Für eine eingehendere Interpretation der Kulturarten in der Haupt- und Spezialuntersuchung, müssen möglichst viele objektive Faktoren herangezogen werden, um auch die terrestrisch unterscheidbaren Nutzungsformen zu finden. H.W. Dill nennt im Manual of Photographic Interpretation (1960) als wichtigste qualitative Indikatoren des Luftbildes für eine agrarische Interpretation, das Gefüge (pattern), d.h. die räumliche Anordnung, die Tönung und Farbe, die Textur (Kleinstmusterung), die Form, die Größe und die topographische Lage. Dabei wird die räumliche Anordnung von Höfen, Feldern und Kulturarten als einer der wichtigsten qualitativen Indikatoren bei der Interpretation landwirtschaftlicher Gebiete angesehen. Das Gefüge innerhalb der Agrarlandschaft ändert sich zwar regional fortschreitend; das Erkennen dieses Gefüges bleibt aber die Voraussetzung für eine regionale agrarräumliche Gliederung. Dazu sind ebenso der Stereoeffekt und die phänologische Situation zu berücksichtigen, wie die bei jeder agrargeographischen Interpretation notwendige Geländekontrolle" (Schneider 1974, S. 343).

Interessant ist ein Versuch von Aldrich und Greentree (1971), die Hauptlandnutzungsarten in kleinstmaßstäbigen IR-Farbluftbildern zu interpretieren. Sie untersuchten dies in Aufnahmen 1 : 420 000 (!) die im Winter, im Frühsommer und im Spätsommer aufgenommen wurden. Sie fanden das in Abbildung 3 dargestellte Ergebnis.

Brachflächen wurden dabei, im Gegensatz zu Waldflächen und Siedlungsgebieten, in allen Jahreszeiten nur zu 25 - 30 % richtig erkannt, wobei als schlechtestes Ergebnis der Frühsommer zu verzeichnen war. Das Ödland/Brachland wurde in vielen Fällen als Weideland

1: 420 000 IR Color

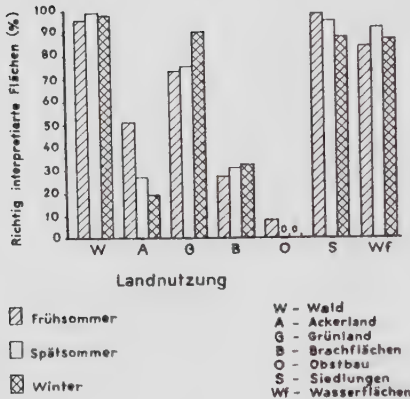


Abb. 3 : Genauigkeit einer Landnutzungsinterpretation (Durchschnittswerte dreier Interpretationen) zu verschiedenen Jahreszeiten (nach Aldrich und Greentree 1971 aus Hildebrandt 1973)

oder aber, offensichtlich dort, wo die Verbuschung und Bauman-siedlung schon fortgeschritten war, als Wald angesprochen. Bei groß- und mittelmaßstäbigen Luftbildern sind natürlich weitaus bessere Ergebnisse zu erwarten.

Schneider hat schließlich auch einen Interpretationsschlüssel veröffentlicht, der die Hauptlandnutzungsformen im Luftbild zu erkennen und anzusprechen gestatten soll. Bei allem Vorbehalt gegen Schlüsselndieser Art, wie auch gegen einzelne Feststellungen dieses speziellen Schlüssels, soll zum Abschluß dieser ausge-

wählten Literaturübersicht dieser Interpretationsschlüssel (Schneider 1974) nachzitiert werden.

Beispiel eines Gabelschlüssels

- | | |
|--|-----------------------|
| 1. Gebiet eingenommen von nacktem Fels, Sanddunen, Wasser oder künstlichen Bauten. | <i>Ödland</i> |
| 1. Gebiet eingenommen von Vegetation oder nacktem Boden | vgl. 2 |
| 2. Feldbaumuster fehlt; Feldbegrenzung fehlt oder unregelmäßig dargestellt | vgl. 3 |
| 2. Feldbaumuster vorhanden; Feldbegrenzung regelmäßig dargestellt | vgl. 5 |
| 3. Bäume vorhanden; sie bedecken fast oder ganz die Oberfläche; Bäume sind durch dunkle Tönung, rel. körnige Textur u. entsprechende top. Lage zu identifizieren | <i>Waldgebiet</i> |
| 3. Bäume fehlen oder weit verstreut; Untergrund nur durch niedrigen Pflanzenwuchs bedeckt | vgl. 4 |
| 4. Dunkle Tönung, Textur klar erkennbar; Gebiet zeigt für gewöhnlich ein geflecktes Aussehen wegen der unterschiedlichen Vegetationsdichte | <i>Buschland</i> |
| 4. Helle Tönung, Textur zu fein, um unterschieden zu werden; Gebiet erscheint selten gefleckt | <i>Grasland</i> |
| 5. Feldfruchtanbau fehlt, Gebiet gewöhnlich hell getönt | <i>Brachland</i> |
| 5. Feldfruchtanbau vorhanden, Gebiet dunkel getönt außer in der Erntezeit | <i>Dauerackerland</i> |

Schneider 1974 S. 173

Ein Versuch die Abbildungsformen von Brachflächen systematisch darzustellen, muß zweifellos die o.a. Einflußgrößen: Wuchsbereich, Lokalstandort, Alter und ggf. antropogene Einflüsse berücksichtigen.

Zur Illustration des Gesagten werden mit den Abb. 4 - 10 einige typische Brachlandformen im Luftbild gezeigt.

Abb. 4 zeigt eine Farbluftbildaufnahme ca. 1 : 20 000, aufgenommen am 2. April 1976 aus einer Flughöhe von 3760 m über NN. Die Ortschaft im Zentrum des Bildes ist Löffingen. Die Deckfolie zeigt

die zahlreichen im Luftbild gut gegenüber den bewirtschafteten Ackerflächen abgrenzbaren Brachflächen. Hervorstechendes Kennzeichen für die Mehrzahl der Brachflächen ist die mehr oder weniger weit fortgeschrittene Verbuschung und das Einwandern von Gehölzen. Eine Ortsbesichtigung mit Befragung ortsansässiger Landwirte ergab, daß einige der Flächen bereits seit 50 Jahren brachliegen, andere in den vierziger Jahren brachgefallen sind (z.B. ein großer Teil der nördlich Löffingen gelegenen Flächen), wieder andere in den fünfziger Jahren (vor allem westlich Löffingen) und einige schließlich erst im Verlauf der letzten zehn Jahre. In etwa gibt das Ausmaß der Verbuschung und die bei stereoskopischer Betrachtung erkenn- und vergleichbare Höhe der eingewanderten Bäume und Büsche einen Anhalt zur Einschätzung des Alters der Brachflächen. Zahlreiche schmale, baum- oder buschgestandene Riegel, die im Luftbild gut erkennbar sind und ebenfalls zu den nicht nutzbaren Flächen zählen, wurden in der Deckfolie nicht eingezeichnet.

Abb. 5 - 7 zeigen einen Teil der Abb. 4, nämlich die große, stellenweise extensiv bewirtschaftete, stellenweise brachliegende Fläche nordöstlich von Löffingen, auf anderem Film, in anderen Maßstäben und zu verschiedenen Jahreszeiten.

Abb. 5, aufgenommen am 1. Mai 1976 aus ca. 3000 m mit panchromatischem Film, - hier zweimal vergrößert-, Abb. 6, aufgenommen am 1. Mai 1976 aus ca. 2000 m mit Infrarot-Farbfilm, - hier eineinhalbmals vergrößert -, Abb. 7, aufgenommen am 15. Juli 1976 aus ca. 4000 m Höhe mit panchromatischem Film, - hier eineinhalbmals vergrößert -.

Die Mehrzahl der auf den Abb. 5 - 7 erfaßten Brachflächen sind zwischen 1956 und 1960 entstanden. Die Bildbelege zeigen, daß Brachflächen, wie sie auf der Baar vorkommen, zumindest wenn sie - wie in der Mehrzahl der hier vorliegenden Fälle - schon seit langem brachliegen, unabhängig vom Bildmaßstab und vom

verwendeten Film zu erkennen sind. Ihre Abgrenzung ist offenkundig auf den großmaßstäbigen Bildern leichter und sicher auch zuverlässiger möglich.

Die in Abb. 7 auffallenden unregelmäßigen Grautonunterschiede innerhalb der einzelnen noch bewirtschafteten Flächen markieren Feuchtigkeitsunterschiede des Ackerbodens. Die Muster sind auf dieser Aufnahme, die nach Wochen der säkularen Trockenperiode im Sommer 1976 aufgenommen wurden, wegen dieser Trockenheit besonders gut sichtbar. Für die Brachflächenansprache ist eine solche Situation offensichtlich schädlich. Bei normalen Aufnahmebedingungen sind solche "fleckigen" Abbildungen innerhalb einer Fläche sehr oft Merkmale brachliegender Felder.

Abb. 8 zeigt einen Ausschnitt der Luftbildaufnahmen mit denen Kenneweg (1973) die o.a. Vorstudie zu dieser Arbeit durchführte. Die in die Waldlandschaft des Taunus eingebettete landwirtschaftliche Fläche weist einen ungewöhnlich großen Anteil brachgefallener oder offenkundig nur noch extensiv bewirtschaftete Felder auf. Auffallend ist u.a. die unsystematische Teilbewirtschaftung vieler der durch ein enges Wegenetz gebildeten Parzellen. Der erkennbar unterschiedliche Bewuchs läßt Rückschlüsse auf das Alter der Brache zu. So sind besonders einige seit vielen Jahren (5 - 20 Jahre) brachliegende Flächen am Vorhandensein von Büschen (hier Ginster, Himbeere, Brombeere, Heckenrose) oder jungen Bäumen (hier vor allem Weiden, Hainbuchen, Aspen) zu erkennen. Die unregelmäßig mit mehrjähriger z.T. hochwüchsiger Gras- und Staudenflora bestandenen Flächen sind i.d.R. zwei bis fünfjährige Brachflächen. Sie sind im Luftbild an einem gefleckten Grautonmuster und unterm Stereoskop an einer auffallend unregelmäßig wirkenden Vertikalstruktur zu erkennen. Zum Teil sind diese Flächen von frischen oder offensichtlich ein bis zwei Jahre alten, meist streifenförmigen Bewirtschaftungsspuren durchsetzt.

Eine weitere Flächenkategorie, die in diesem Luftbildausschnitt

auffüllt, wird von noch extensiv und wohl nur noch nachlässig bewirtschafteten Acker- bzw. Grünlandflächen (relativ starker Unterwuchs, ungleichmäßige Bewirtschaftungsspuren, z.T. ungleichmäßiger Bewuchs) gebildet.

Der Unterschied zu den Bilderscheinnungen landwirtschaftlicher Flächen, die unter regelmäßiger und intensiver Bewirtschaftung stehen, wird deutlich, wenn man die gesamte landwirtschaftliche Fläche in Abb. 8 mit jener vergleicht, die im rechten oberen Bildausschnitt der Abb. 9 zu sehen ist. Beide Abbildungen (8 und 9) sind im Herbst aufgenommene panchromatische Luftbildaufnahmen mit ähnlichem Maßstab.

Neben den o.a. intensiv bewirtschafteten Ackerflächen sind in Abb. 9 eine Reihe weiterer, wiederum aus standörtlichen Gründen ganz anders geartete Brachflächen zu sehen. Auf großen und mittelgroßen Flächen finden sich in dieser Landschaft der schwäbischen Ostalb relativ trockene, mit zahlreichen Wachholderbüschen bestandene und nur extensiv von Schafherden beweidete Flächen. Neben den zahllosen kleinen Wachholderstrüchern sind auffallend großkronige, gruppenweise stehende Laubbäume (Buchen, "Hutebuchen") kennzeichnend für diese Flächen.

Im Gegensatz zu den in den letzten zwei Jahrzehnten vorwiegend als Sozialbrache angefallenen Flächen der Abb. 8, handelt es sich bei den extensiven Schafweideflächen der Ostalb um sehr stark standortsbedingte und daher auch seit sehr langer Zeit schon so extensiv benutzte Flächen.

Abb. 10 zeigt Trockenrasenflächen im Kaiserstuhl, die in der Arbeit von Fischer (1975; vgl. das zuvor aus dessen Studie Zitierte) als Brachflächen beschrieben wurde. Auch hier wird extensiv durch Schafe beweidet. Die Florenzusammensetzung¹⁾ ist jedoch vorwiegend aus standörtlichen Gründen eine andere als jener Flächen,

¹⁾ Die Trocken- und Halbtrockenrasengesellschaften des Kaiserstuhls sind durch besondere pflanzensoziologische Mannigfaltigkeit und Reichtum an seltenen Arten u.a. aus der Familie der Orchideen gekennzeichnet. Eine eingehende Beschreibung findet sich in den Arbeiten von O. Wilmanns (z.B. 1974, S 110 ff)

die in Abb. 9 zu sehen sind. Der Wachholder und die typischen Hutebuchen fehlen ganz.

Als letztes Luftbildbeispiel wird in der Abb. 11 ein Teil jenes Brachlandgebietes gezeigt, das in den folgenden Kapiteln 5 und 6 näher untersucht wird. Es handelt sich um ein vorwiegend als Sozialbrache entstandenes Areal bei Bietigheim im Oberrheingraben. Ähnlich wie im Bildbeispiel der Abb. 8 fällt hier die große Anzahl kleiner und kleinster brachgefallener Flächen auf. Verbuschung kommt nur vereinzelt in einigen älteren Brachflächen vor. Die Mehrzahl der Flächen ist erst irgendwann im Laufe der letzten 15 Jahre brachgefallen, z.T. auch zwischenzeitlich wieder einmal extensiv genutzt worden. Wie im Taunusbeispiel - hier aber in ganz anderer Landschaft - schieben sich einzelne bewirtschaftete Felder zwischen die Brachflächenareale oder sind neue oder ältere Bewirtschaftungsspuren zu erkennen. Der Bewuchs der Brachflächen ist unterschiedlich. Neben Gräsern und niedrigen Stauden sind an einzelnen Plätzen hochstämmige Riedgräser und Schilfkolonien entstanden (vgl. Abb. 18). Besonders hinzuweisen ist auf die Aufforstungsflächen, die z.B. im linken unteren Bildteil an dem gleichmäßigen "Punktraster" der gepflanzten Heister (überwiegend Pappeln) gut und zweifelsfrei als "aufgestete ehemalige Brachflächen" zu identifizieren sind.

Die vorgeführten Bildbeispiele zeigten die Mannigfaltigkeit der Brachflächenform. Dabei wurden nur einige wenige Beispiele vorgestellt. Eines scheint allen Abbildungen der verschiedenartigen Brachflächen im Luftbild gemeinsam: die Unregelmäßigkeit des Grauton- bzw. Farbtonmusters. Häufiges Kennzeichen älterer Brachflächen ist ferner die wiederum unregelmäßig und ungleichförmige Bestockung der Brachflächen mit einzelnen, oft jedoch insgesamt zahlreichen, mehr oder weniger hochstämmigen Büschen oder Bäumen.

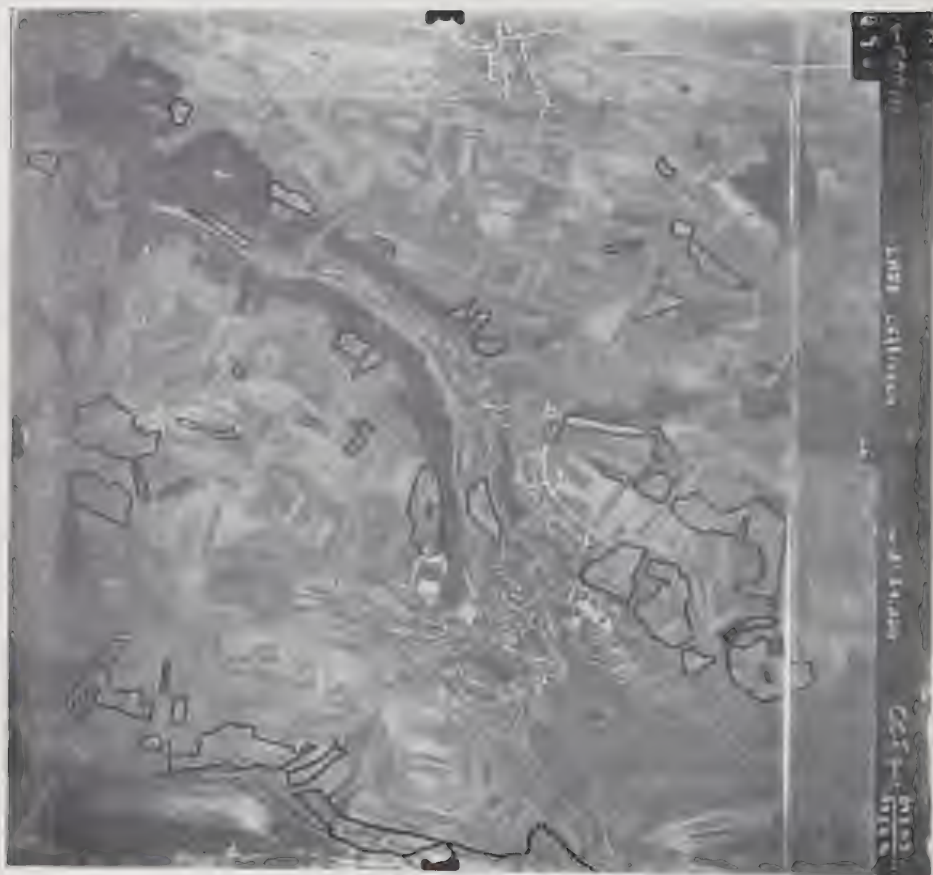


Abb. 4: Färbluftbild, Maßstab ca. 1 : 20 000
 Aufnahmezeit: 2.4.1976, ca. 12.00 Uhr
 Lage: Löffingen
 Kamera: RMK, 15/23



Abb. 5: Panchromatisches Luftbild
Flughöhe: ca. 3 000 m über NN
Aufnahmezeit: 1.5.1976, ca. 11.40 Uhr
Lage: Nördlich von Löffingen
Kamera: Hasselblad 500 EL



Abb. 6: IR-Fluorograph
Flughöhe: ca. 2 000 m über NN
Aufnahmezeit: 1.5.1976, ca. 12.04 Uhr
Lage: Nördlich von Löffingen
Kamera: Hasselblad 500 EL



Abb. 7: Panchromatisches Luftbild
Flughöhe: ca. 4 000 m über NN
Aufnahmezeit: 15.7.1976, ca. 9.57 Uhr
Lage: Nördlich von Löffingen
Kamera: Hasselblad 500 EL



Abb. 8: Panchromatisches Luftbild, Maßstab 1 : 12 000
Aufnahmezeit: 2.9.1972, Lage: Niederglabach
Kamera: RMK A 15/23



Abb 9: Panchromatisches Luftbild, Maßstab 1 : 10 000
Aufnahmezeit: 12.10.1965, Lage: Itzelberg
Kamera: Zeiss RMK 30/23



Abb. 10: IR-Farbluftbild, Flughöhe: ca. 2 000 m über NN
Aufnahmezeit: 15.7.1976
Lage: Schelingen/Kaiserstuhl
Kamera: RMK 15/23



Abb. 77: IR-Farbluftbild, Maßstab 1 : 7 000
Aufnahmezeit: 7.8.1973
Lage: Bietigheim
Kamera: Zeiss RMK 30/23

5. BEISPIEL FÜR EINE KARTIERUNG DER NUTZUNGS- UND BRACHLAND-FORMEN NACH LUFTBILDINTERPRETATION UND TERRESTRISCHER KONTROLLAUFNAHME.

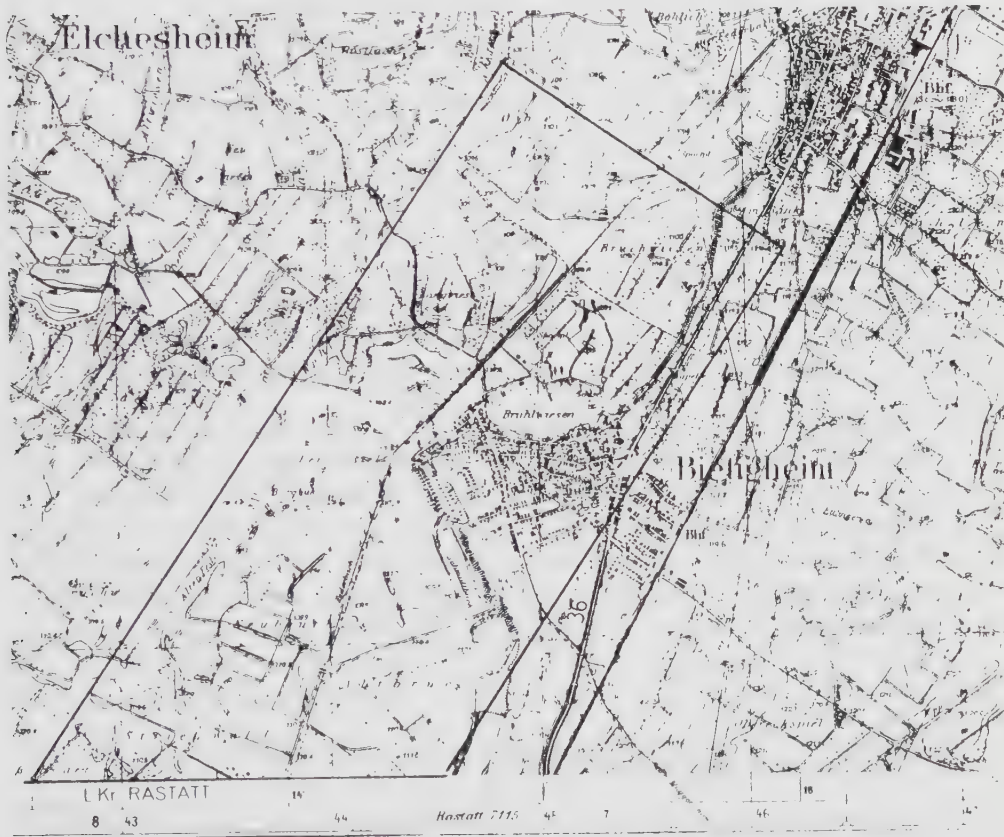
5.1 Einleitung

Für künftige Bodennutzungsplanungen erscheint es in Gebieten mit größeren Anteilen an unterschiedlich alten Brachflächen nützlich, den jeweiligen Zustand der verschiedenartigen Brach- und Nutzflächen in übersichtlicher Form kartographisch darzustellen. Dabei sollte keine übermäßig detaillierte Klassifizierung gewählt werden, da es nicht in erster Linie darauf ankommt, alle pflanzensoziologisch interessanten Einzelheiten zu erfassen. Es soll vielmehr eine für praktische Nutzungs- oder Meliorationsmaßnahmen und -planungen brauchbare Unterlage geschaffen werden. Die Klassifizierung der Nutzungs- und Brachlandstufen und eine dementsprechende Flächenausscheidung ist ein Inventurproblem, welches z. B. mit der Klassifizierung eines Waldes nach Bestandstypen und Altersklassen und nachfolgender Bestandsausscheidung und schließlich Darstellung in einer forstlichen Bestandskarte zu vergleichen ist.

Für ein konkretes Beispiel wird im folgenden eine solche Klassifizierung, Flächenausscheidung und Kartierung beschrieben und dargestellt. Als Methode wird dabei eine klassische, stereoskopische Luftbildinterpretation und für die Kartierung eine einfache Luftbildumzeichnung eingesetzt. Das Vorgehen dazu wird im Abschnitt 5.3 näher beschrieben.

Aus dieser Auswertung ergibt sich eine erste Antwort auf die im Abschnitt 3 gestellte Frage bezüglich der Möglichkeiten und Grenzen der Erkennung und Klassifizierung von Brachflächen inmitten einer Kulturlandschaft. Als Objekt dient eine Freifläche westlich von Bietigheim, die sich durch großen Anteil, zu verschiedenen Zeiten brachgefallenen Landes auszeichnet.

Das Untersuchungsgebiet ist in der untenstehenden Karte eingezeichnet. Es grenzt unmittelbar nördlich-westlich und süd-westlich an Bietigheim an. Das Gebiet liegt im Rheintal, ca. 110 m über NN, und ist ausgesprochen flach. In die Kartierung und Untersuchung wurden ca. 5,7 qkm zusammenhängender Fläche einbezogen.



5.2 Luftbildmaterial

Die Untersuchung wurde mit Infrarot-Farbluftbildern durchgeführt. Die Wahl dieser Filmart fiel aufgrund bisher vorliegender Interpretationserfahrungen, welche erwarten ließen, daß die Differenzierung verschiedener Vegetationsformen auf diesem Bildmaterial am besten möglich sein würde. Die Kenn-
daten des verwendbaren Luftbildmaterials sind folgende:

Aufnahmedatum:	7. August 1973, 15.30 Uhr
Kamera:	Zeiss-RMK 30/23
Brennweite des Objektivs:	304,90 mm
Film:	Kodak Aerochrome Infrarot
Filter:	Nr.
Überdeckung:	60 % (längs)
Bildmaßstab:	ca. 1 : 7000
Bildformat:	23 x 23 cm
Bildqualität:	sehr gut
Aufgenommen durch:	Aerophot GmbH., Egelsbach

Die Interpretierbarkeit der Bilder war durch die ausgezeichnete Bildqualität besonders gut. Die hohe Grundauflösung, und die ausgeprägten Helligkeits- und Farbkontraste erlaubten sowohl die Erkennung feinsten Strukturen der Vegetationsbestände, z. B. in Gärten und auf Feldern, aber auch die Entdeckung kleinster Objekte, wie z. B. neugepflanzter Pappelheister, kleiner Büsche usw.

5.3 Methodisches Vorgehen

Die Methode entwickelte sich im Verlauf der Arbeiten. Die Ausgangskonzeption folgte dabei den allgemeinen Erfahrungen bei Luftbildinterpretationen auf dem Gebiet der Vegetations-, Wald- oder Landnutzungskartierung. Demzufolge stand am Anfang eine erste eingehende, häusliche Durchmusterung der Luftbilder. Die-

se führte bereits zu ersten Identifizierungen bestimmter, klar und eindeutig erkennbarer Vegetationsformen, z.B. von Waldbeständen, Maisfeldern, Gärten usw. Mehrere andere Einzelflächen des Untersuchungsgebietes, von dem man wußte, daß zahlreiche Brachflächen verschiedenen Alters vorhanden waren, konnten nicht mit letzter Sicherheit ohne Geländekenntnis eingestuft werden. So wurde bei der ersten häuslichen Interpretation auch darauf verzichtet, schon Brachflächen von Wiesen oder frisch aufgeforsteten, noch verwilderten Flächen zu unterscheiden. Es folgte vielmehr nun als zweiter Arbeitsschritt eine gründliche Geländebegehung mit Ausarbeitung eines Interpretationsschlüssels und mit entsprechender Aufklärung der, bei der ersten Interpretation zweifelhaft gebliebenen Bildobjekte und -gestalten. Zu diesem Zeitpunkt wurde auch noch versucht, die Altersklassifizierung der Brachflächen so weit als möglich zu differenzieren. Es wurde dabei als Arbeitshypothese angenommen, daß im gegebenen Untersuchungsgebiet zu einem bestimmten Alter (in Altersstufen von 2 - 3 Jahren) eine spezifische Entwicklungsstufe der Brachfläche gehört und dementsprechend spezifische Textur- und Farberscheinungen im Luftbild zugeordnet werden können.

Nach der Geländebegehung erfolgte im Institut die Interpretation für das gesamte Untersuchungsgebiet und, Hand in Hand damit, die Kartierung der Einzelflächen.

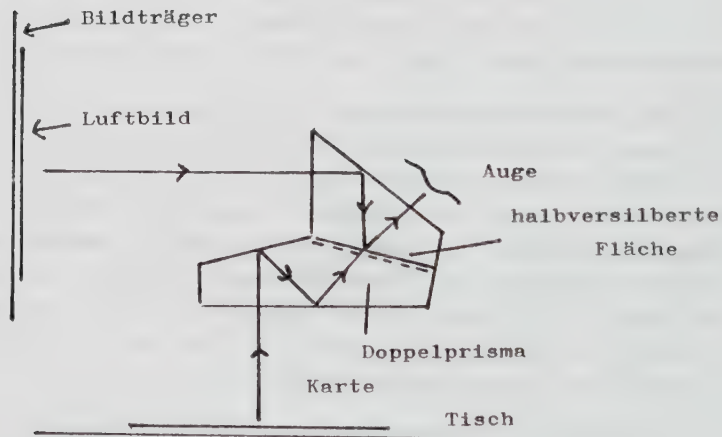
Für die Kartierung selbst wurde die Grundkarte 1 : 5000 zur Grundlage genommen. Die Wahl einer Karte dieses großen Maßstabs war notwendig geworden, weil im Untersuchungsgebiet z.T. ausgesprochen kleine Parzellengrößen vorlagen, und oft nur wenige Meter breite Felder unterschiedlicher Nutzungs- bzw. Brachlandformen in Gemengelage nebeneinander vorkamen.

Zur Übertragung der Interpretationsergebnisse in die Grundkarte wurde ein Luftbildumzeichner LUZ der Firma Zeiss, Oberkochen, benutzt. Dieses einfache Umzeichengerät konnte problemlos eingesetzt werden, da das Gelände extrem flach war. Die geringfügigen Bildverzerrungen, die durch die, bei der Aufnahme der Luftbilder

aufgetretenen Nadirabweichungen verursacht waren, konnten ohne Schwierigkeiten durch die Arbeit mit dem LUZ eliminiert werden. Obwohl das Gerät und die Arbeitsweise der LUZ bekannt ist, wird letzteres in gebotener Kürze hier nochmals zusammengefaßt:

Luftbildumzeichner (Zeiss-Oberkochen)

Das Bild wird mit Haftmagneten auf eine, nach allen Richtungen verstell- und drehbare Platte und die zu ergänzende Karte auf dem Tisch befestigt. Ein Doppelprisma erlaubt, Bild und Karte gleichzeitig in gegenseitigen Überlagerungen zu betrachten. Die Maßstabsverhältnisse zwischen Bild und Karte werden durch Verschieben des Prismas gegenüber dem Bild und der Karte und mit Hilfe von Korrekturgläsern (Vorsatzlinsen) ausgeglichen. Die Verzerrungen werden durch Drehen der Bildplatte beseitigt. Mit Hilfe von vorschaltbaren Rauchgläsern kann eine günstige Bild- und Kartenhelligkeitskombination erreicht werden.



Strahlengang durch das Doppelprisma beim Luftbildumzeichner

5.4 Klassifizierung

Entsprechend dem Vorkommen im Untersuchungsgebiet wurden die in Tabelle 3 angeführten Klassen gebildet. In dieser Tabelle sind ferner die Signaturen wiedergegeben, mit denen die Klassen in den Karten A und B (Abb. 12 und 13) dargestellt sind.

Die Photographien der Abb. 14 bis 24 vermitteln eine Vorstellung von der Art und dem Zustand der verschiedenen Nutzungsklassen im Untersuchungsgebiet.

Die Tabelle 3 läßt erkennen, daß die ursprünglich vorgesehene Klassifizierung der Brachflächen nach 2 - 3jährigen Altersstufen nicht durchführbar war. Einmal weil nicht mehr in jedem Falle das genaue Jahr des Brachfallens feststellbar war, oder weil nicht mit Sicherheit mehr zu erfassen war, ob zwischenzeitlich noch einmal eine kurzfristige Nutzung der Fläche stattgefunden hatte. Zum anderen ergab die Geländearbeit, daß in starker Abhängigkeit vom Standort die pflanzensoziologische Entwicklung, selbst in dem relativ begrenzten Untersuchungsgebiet, erhebliche Unterschiede bei den einzelnen Flächen aufwies. Dadurch ergab sich auch keine Übereinstimmung zwischen den Bilderscheinungen im Luftbild und dem Alter der Brachfläche in so engen, nämlich 2 - 3 Jahre umfassenden Altersstufen.

Es erschien dagegen möglich, gröbere Altersstufen zu bilden, und dazu charakteristische Bilderscheinungen zu finden. So sind z.B. älteste Brachflächen in den meisten Fällen durch die schon eingetretene Verbuschung, das Vorhandensein schon hochstämmiger Büsche und oft auch durch ausgesprochen heterogene Signaturen gut klassifizierbar. Die für die Kartierung gewählte Klassenbildung für die Brachflächen legt daher nur drei Altersstufen zugrunde (vgl. Tab. 3). Es erwies sich darüberhinaus jedoch als notwendig, die beiden Sonderklassen "aufgeforstete ehemalige Brachflächen" und "gemähte Brachflächen" zu bilden. Bei ersteren han-

Tab. 3 Klasseneinteilung für die Kartierung der Nutzungs- und Brachlandformen im Untersuchungsgebiet Bietigheim

Bezeichnung der Klasse	Darstellung in	
	Karte A	Karte B
1	2	3
I Brachfläche entstanden 1963 oder früher		
II Brachfläche entstanden zwischen 1964 - 1969		
III Brachfläche entstanden 1970 oder später		
IV Aufgeforstete ehem. Brachfläche		
V Gemähte Brachfläche		
VI Wiese		
VII Äcker (Maisfelder)		
VIII Gärten		

delt es sich um kurz vor der Luftbildaufnahme zumeist mit Pappeln im weiträumigen Verband aufgeforsteten Flächen (vgl. Abb. 23 und 24). Diese Flächen sind aufgrund sehr typischer Texturen im Luftbild gut identifizierbar. Obwohl der Bodenbewuchs dieser aufgeforsteten Flächen z.T. noch alle Merkmale alter oder mittelalter Brachflächen aufweist, sind Verwechslungen zwischen aufgeforsteten ehemaligen, und nicht aufgeforsteten noch existierenden Brachflächen kaum möglich.

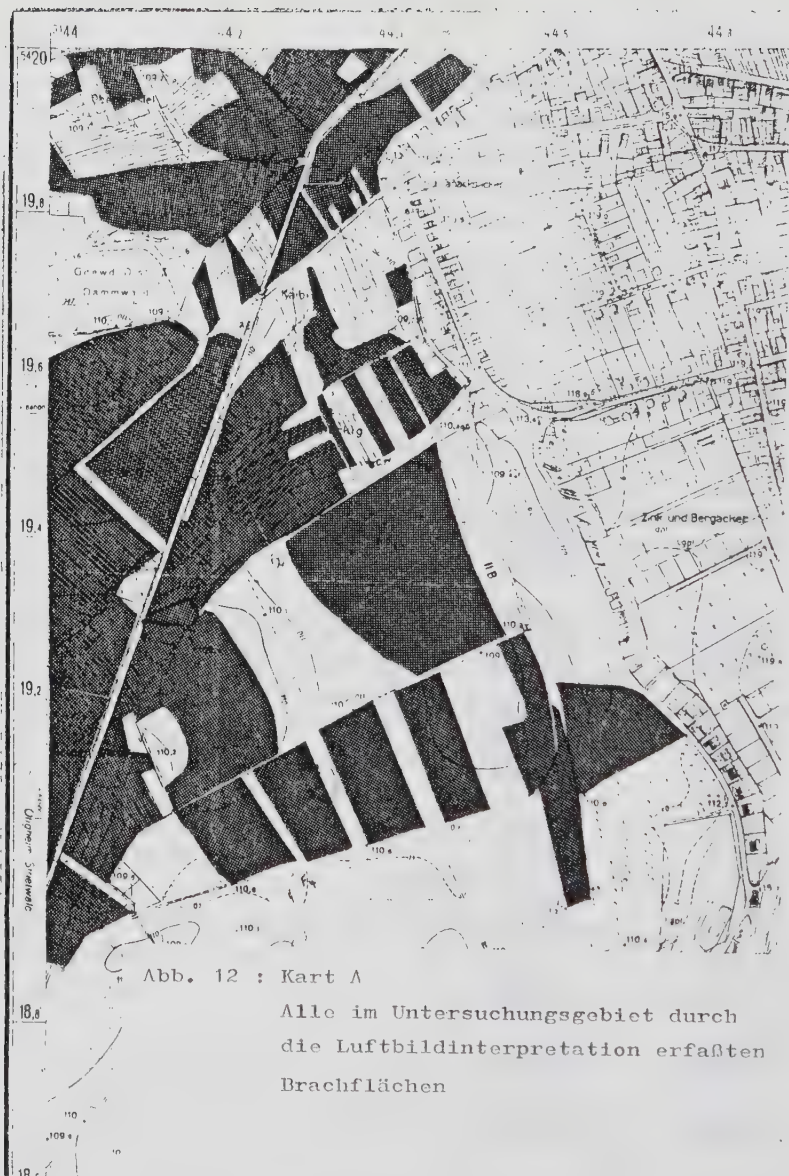
Schwieriger aber i.d.R. auch weitgehend möglich ist die Interpretation frisch gemähter Brachflächen. Hier gibt es zwar ggf. gewisse Verwechslungsmöglichkeiten mit frisch gemähten, regelmäßig genutzten Wiesen, doch lassen sich die gemähten Brachflächen fast immer durch unregelmäßige, gröbere Texturen im Luftbild erkennen.

An regelmäßig genutzten Flächen kommen im Untersuchungsgebiet zur Zeit der Luftbildaufnahme außerhalb des Waldes Ackerflächen, die ganz überwiegend noch mit Mais bewachsen sind, Wiesen und verschiedenartige kleine und größere Gartenanlagen vor (siehe Tab. 3).

5.5 Das Ergebnis der Kartierung

Die, in der oben beschriebenen Weise nach der Luftbildinterpretation entstandenen Karten, sind auf den folgenden Seiten wiedergegeben. Es wurden zwei verschiedenartige Karten hergestellt.

Die erste Karte (Karte A) zeigt ohne weitere Unterteilung oder Klassenbildung alle im Untersuchungsgebiet durch die Luftbildinterpretation erfaßten Brachflächen. Sie sind mit einheitlichen Signaturen (siehe Tab. 3) dargestellt. Alle Flächen, die zur Zeit der Luftbildaufnahme unter regelmäßigen landwirtschaftlichen, forstwirtschaftlichen oder gärtnerischen Nutzung standen,



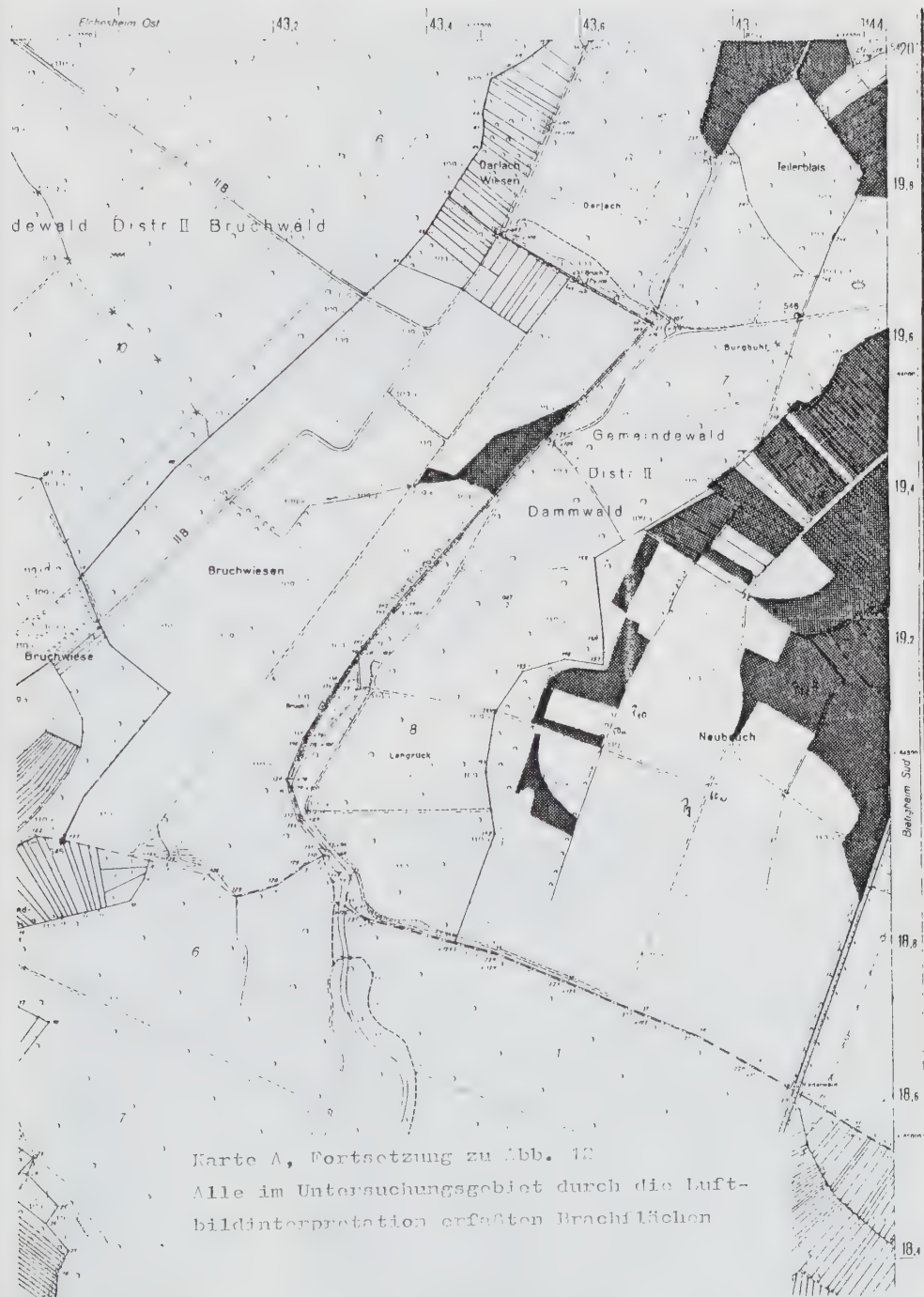




Abb. 13 : Karte B

Ein differenzierteres Bild der Landnutzung
und des Zustandes der Brachflächen





Karte B, Fortsetzung zu Abb. 13

Ein differenzierteres Bild der Landnutzung und
des Zustandes der Bruchflächen





Abb. 14 und 15: Luftbildaufnahme vom Untersuchungsgebiet Bietigheim

Aufnahme mit Kleinbildkamera und Farbfilm

Zeit der Aufnahme: 29.3.1976; gegen 13.00 Uhr





Abb. 16 : rechts im Bild Wiese, links Brache
seit einem Jahr
Aufnahmezeit: 20.3.1976 aus 2,80 m Höhe



Abb. 17 : links im Bild
Brache seit zwei Jahren,
rechts Wiese
Aufnahmezeit: 20.3.1976



Abb. 18 : Im Vordergrund Brache seit 1970,
im Hintergrund Brache seit 1965
Aufnahmezeit: 20.3.1976 aus 2,80 m Höhe



Abb. 19 : Im Vordergrund Wiese, dahinter Brache
seit 1965, dann Wiese und ganz hinten
Brache seit 1970
Aufnahmezeit: 20.3.1976 aus 2,80 m Höhe



Abb. 20 : Im Vordergrund kleine Gärten und Wiesen,
dahinter links Brache seit 1965
Aufnahmezeit: 20.3.1976 aus 2,80 m Höhe



Abb. 21 : Zwei unterschiedlich bewachsene Brach-
flächen, die bereits seit 1960 oder
früher brachliegen.
Aufnahmezeit: 20.3.1976



Abb. 22 : Aufgeforstete Acker- und Brachflächen
 (Aufforstung 1974), 1964 - 1974 Brach-
 fläche
 Aufnahmezeit: 20.3.1976 aus 2,80 m Höhe



Abb. 23 : Aufgeforstete Wiese und Brachfläche
 (Aufforstung 1972), 1965 - 1972 Brach-
 fläche
 Aufnahmezeit: 20.3.1976



Abb. 24 : Aufgeforstete Brachfläche, (Aufforstung
1972) 1965 - 1972 Brachfläche
Aufnahmezeit: 20.3.1976 aus 2,80 m Höhe

sowie die im Jahr der Luftbildaufnahme gemähten - also zumindest vorübergehend wieder genutzten - Brachflächen sind ohne Signatur geblieben. Die Karte A vermittelt dadurch in leicht erfaßbarer Weise einen raschen Überblick aller derzeitigen Brachflächen. Ein differenzierteres Bild der Landnutzung und des Zustandes der Brachflächen gibt dann die Karte B. Die Klassifizierung und die zu den Klassen gehörenden Signaturen sind aus Tabelle 3 zu ersehen. Waldflächen, und die von städtischen Anlagen (hier z.B. Sportanlage und Kläranlage) und Siedlungen besetzten Flächen sind ohne Signatur geblieben. Die Karte B vermittelt daher eine vollständige, wiederum leicht erfaßbare Information über das räumliche Nebeneinander von Flä-

chen verschiedener Nutzungs- und Brachlandformen, über die oft kleinstflächige Gemengelage oder, um es in Anlehnung an einen forstwirtschaftlichen Begriff zu sagen, über die "räumliche Unordnung im Inventurgebiet". Sie gibt damit wesentliche Informationen und Entscheidungshilfe für örtliche Flächennutzungsplanungen und für die Durchführung von dringlichen Sanierungsmaßnahmen und Strukturverbesserungen.

Zusammengefaßt kann bezüglich der weitestgehend auf die Luftbilddauswertung gestützte Kartier- und Klassifizierungsarbeit festgestellt werden:

1. Die Erkennung von Brachflächen und deren Abgrenzung gegenüber regelmäßig benutzten Kulturflächen war leicht und zuverlässig möglich.
2. Interpretationsschwierigkeiten ergaben sich dabei nur in wenigen Ausnahmen oder Grenzfällen, so z.B. an schmalen Geländestreifen entlang von Waldrändern oder Bächen bzw. Gräben.
3. Die Untergliederung der Brachflächen nach dem Alter war möglich, jedoch nur nach drei relativ groben Altersstufen. Übergänge an den Stufengrenzen sind dabei natürlich nicht scharf, sodaß es hier zu gewissen, für den praktischen Wert einer solchen Kartierung jedoch belanglosen, Fehleinstufung kommen kann.
4. Aufgeforstete Brachflächen waren auf den sehr guten Infrarot-Farbbildern gut und zuverlässig zu erkennen. Wenn die Pflanzung sehr jung ist, und die Fläche zuvor nicht gereinigt wurde, ist gegebenenfalls eine sehr sorgfältige Interpretation erforderlich, um solche aufgeforstete Flächen nicht zu übersehen. Es muß dahingestellt bleiben, ob Luftbilder schlechterer Qualität oder Schwarz-Weiß-Aufnahmen gleich gute Ergebnisse zulassen.
5. Insgesamt kann die Kartierung der Nutzungs- und Brachland-

formen nach einer gewissenhaften Luftbildinterpretation als erfolgreich abgeschlossen betrachtet werden. Das hier versuchte und vorgestellte exemplarische Beispiel "Bietigheim" kann dabei zweifellos in seinen wesentlichen und prinzipiellen Teilen auch auf andere Fälle (andere Wuchsgebiete, Standorte, Brachland- und Kulturformen) übertragen werden. Ähnlich gute Ergebnisse können zumindest bei gleich guten oder brauchbaren Luftbildmaterialien auch anderenorts erwartet werden.

6. QUANTITATIVE ABBILDUNGSUNTERSCHIEDE VERSCHIEDENER BRACH- UND LANDWIRTSCHAFTLICHER NUTZFLÄCHEN

6.1 Einleitung

Im vorstehenden Kapitel erfolgte die Auswertung der Infrarotluftbilder durch herkömmliche, visuelle und damit gutachtliche Interpretation. Es erhebt sich nun die Frage, inwieweit sich Brachflächen auch durch quantifizierbare, objektiv meßbare Daten gegenüber landwirtschaftlichen Nutzflächen und untereinander nach dem Alter der Brache unterscheiden lassen. Diese Frage erhält besonderes Gewicht durch den Umstand, daß immer häufiger versucht wird, die Auswertung von Fernerkundungsdaten durch digitale, computergestützte Klassifizierungsverfahren durchzuführen. Für eine diesbezügliche Untersuchung wurden Brach- und Nutzflächen des gleichen Untersuchungsgebietes "Bietigheim" und das gleiche Luftbildmaterial herangezogen, wie für die Kartierung nach herkömmlicher Luftbildauswertung (Kap. 5).

Die quantitative Auswertung erfolgte nach zwei Gesichtspunkten. Es wurden einmal in durchscheinendem, weißen Licht verschiedene Helligkeitsparameter, und zum anderen durch entsprechende Filterung die Anteile der drei Grundfarben jeweils für mehrere Brach- und Nutzflächen gemessen. Die erstgenannte Untersuchung erfolgte mit einem Mikrodensitometer (vgl. Abschnitt 6.2), die zweitgenannte auf einem einfachen Densitometer (vgl. Abschnitt 6.3).

6.2 Helligkeitsuntersuchungen

Ziel der Untersuchung war es zu prüfen, ob und gegebenenfalls in welcher Weise sich Brachflächen verschiedenen Alters gegenüber Nutzflächen durch geeignete Helligkeitsparameter unterscheiden lassen. Zu diesem Zweck wurden 24 Testfelder des Untersuchungs-

gebietes ausgewählt. Diese 21 Felder gehörten 7 verschiedenen Kategorien an (siehe Tab. 4 und die Legende zu der Karte A, B in Kapitel 5).

Tab. 4: Die fünf verschiedenen Kategorien des Untersuchungsgebietes Bietigheim

NUTZUNGSKLASSE	
I	Brachfläche entstanden 1963 oder früher
II	Brachfläche entstanden zwischen 1964 und 1969
III	Brachfläche entstanden 1970 oder später
IV	Aufgeforstete ehemalige Brachfläche
I	Gemähte Brachfläche
VI	Wiese
VII	Äcker (Maisfelder)

6.21 Methodik

Je Flächenkategorie wurden 3 Testfelder gewählt, und zwar so, daß diese möglichst über den gesamten Untersuchungsraum verteilt lagen. Es wurde vermieden, Felder gleicher Kategorie in unmittelbarer Nachbarschaft auszusuchen. Die primären Auswahlkriterien ließen es nicht zu, die Bildortlage gleich zu halten. Dies ist im Hinblick auf die in jüngster Zeit mehrfach belegten Helligkeits- und Texturunterschiede in Abhängigkeit von der Bildortlage (Steil-

ner, Maurer, Kilchmann 1966, Schade 1976, Rohde 1977) zwar bedauerlich, kann aber durch Berücksichtigung bei der Diskussion der Meßergebnisse als Nachteil gemildert werden.

Abb.25 zeigt die Bildortlage aller 24 Testfelder und ihre Zuordnung zum Gegenlich- Mitlicht- oder Mittellicht-Bereich. Dies gibt für das Verständnis der Ergebnisse eine weitere Information, die im Zusammenhang mit der angewandten Meßmethode steht. Es wurden nämlich mit dem Mirodensitometer je Testfeld zwei, sich möglichst rechtwinklig kreuzende Linienpaare ausgemessen. Die Verlaufsrichtungen dieser Linienpaare sind in Abb.25 auch dargestellt. Der Bezug zwischen Sonneneinstrahlungsrichtung, Aufnahmerichtung im Luftbild und Verlaufsrichtung der Linien ist dadurch hergestellt, und kann bei der Beurteilung der Ergebnisse diskutiert bzw. durch den Leser berücksichtigt werden.

In Tabelle 5, Seite 69 und 70 sind die Testfelder mit den wichtigsten Bezugsdaten aufgeführt. Die "Verlaufsrichtung" der Meßlinie in Spalte 5 der Tabelle 5 ist definiert durch den rechtslaufenden Winkel zwischen der Einstrahlungsrichtung der Sonne und der Meßlinie.

Die Meßlinien der Testfelder wurden mit dem Mikrodensitometer gemessen. Benutzt wurde das Autodensitometer MK III der Firma Joyce-Loebl co LTD (Abb. 26) mit angeschlossenem Prozeßrechner NOVA 2 von Data General, Kompensograph III der Firma Siemens und Teletype Terminal ASR 33 Corporation der Firma IBM.

Auf eine ausführliche Gerätebeschreibung kann hier verzichtet werden. Das Arbeitsprinzip des Mikrodensitometers ist in Abb.(Skizze)27 dargestellt und u.a. bei Akca (1970, S. 87) beschrieben. Akca benutzte ein älteres Gerät der gleichen Firma, das nach dem gleichen Prinzip arbeitete, jedoch in der Bedienung sowie der Datenausgabe und Verarbeitungsmöglichkeit weniger komfortabel war.

Folgende Meßanordnung wurde gewählt: Je Testfeld wurden zwei,

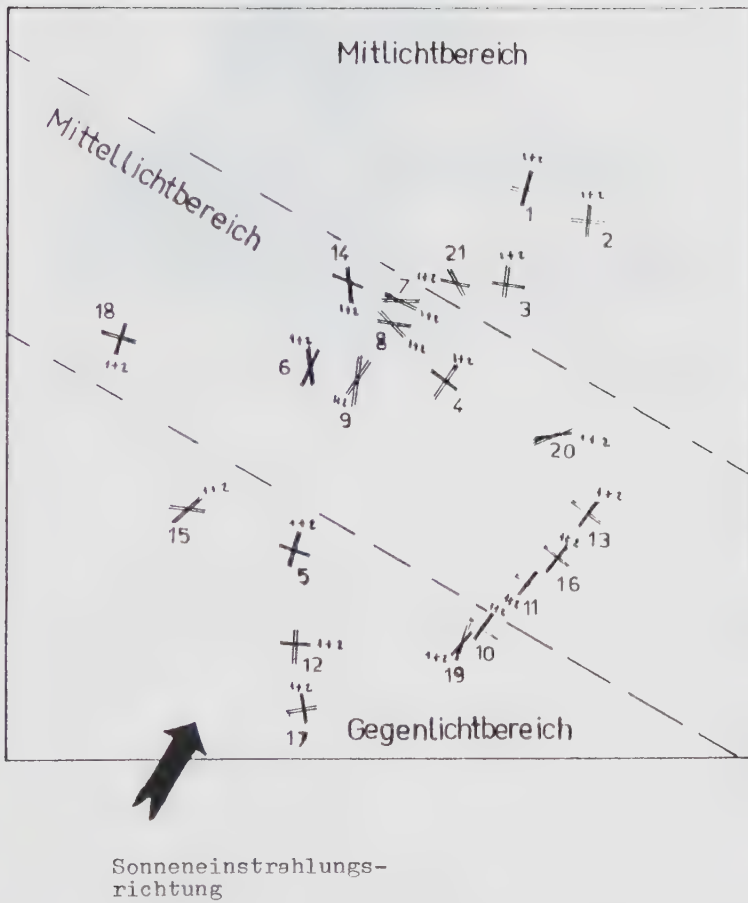


Abb. 25 : Die verschiedenen Bildorts-Lagen der untersuchten Nutzungsklassen

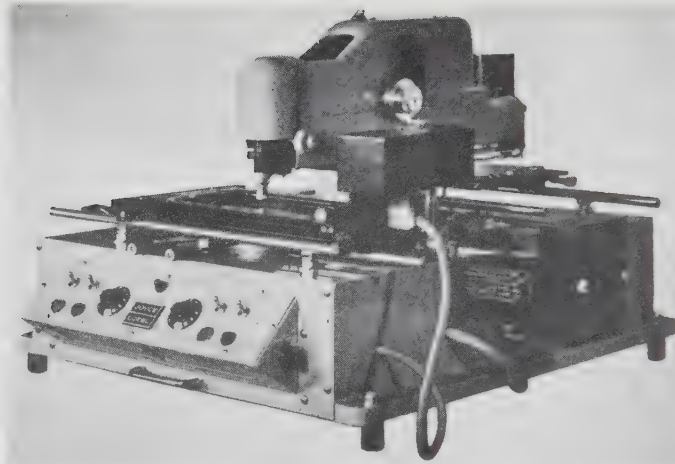


Abb. 26 : Autodensidater M III der Firma Joyce-Loebl co LTD

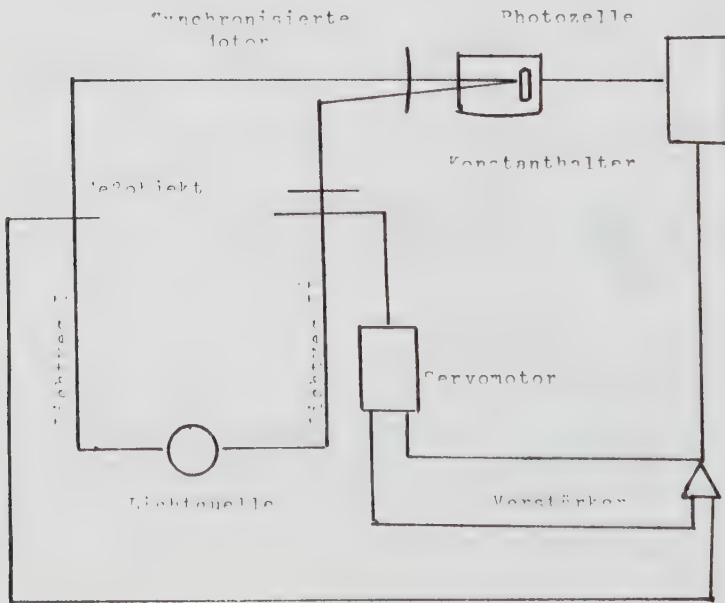


Abb. 27 : Funktionsprinzip des Autodensidater M III der Firma Joyce-Loebl co LTD

Tab. 5: Die Testflächen mit den wichtigsten Bezugsdaten

Testfläche Nr.	Klasse	Luftbild Nr.	Linie Nr.	Verlaufs- richtung
1	2	3	4	5
1	Brachfläche entstanden 1963 oder früher	21	1+2 3+4	169° 76°
2	Brachfläche entstanden 1963 oder früher	22	1+2 3+4	152° 66°
3	Brachfläche entstanden 1963 oder früher	22	1+2 3+4	153° 68°
4	Brachflächen entstanden zwischen 1964 - 1969	20	1+2 3+4	11° 94°
5	Brachflächen entstanden zwischen 1964 - 1969	20	1+2 3+4	150° 79°
6	Brachflächen entstanden zwischen 1964 - 1969	21	1+2 3+4	169° 137°
7	Brachfläche entstanden 1970 oder später	20	1+2 3+4	85° 63°
8	Brachfläche entstanden 1970 oder später	20	1+2 3+4	105° 66°
9	Brachfläche entstanden 1970 oder später	20	1+2 3+4	180° 150°
10	Aufgeforstete ehem. Brachfläche	20	1+2 3+4	16° 95°
11	Aufgeforstete ehem. Brachfläche	20	1+2 3+4	6° 94°
12	Aufgeforstete ehem. Brachfläche	20	1+2 3+4	147° 65°
19	Gemähnte Brachfläche	23	1+2 3+4	20° 164°
20	Gemähnte Brachfläche	23	1+2 3+4	52° 41°
21	Gemähnte Brachfläche	23	1+2 3+4	66° 118°

Fortsetzung von Tabelle 5

Testfläche Nr.	Klasse	Luftbild Nr.	Linie Nr.	Verlaufs- richtung
1	2	3	4	5
13	Wiese	20	1+2 3+4	13 ⁰ 95 ⁰
14	Wiese	20	1+2 3+4	136 ⁰ 83 ⁰
15	Wiese	21	1+2 3+4	26 ⁰ 72 ⁰
16	Äcker (Maisfelder)	20	1+2 3+4	14 ⁰ 98 ⁰
17	Äcker (Maisfelder)	20	1+2 3+4	131 ⁰ 50 ⁰
18	Äcker (Maisfelder)	20	1+2 3+4	164 ⁰ 76 ⁰

sich kreuzende Meßlinienpaare bestimmt. Wegen der Parzellengröße und -form (z.Z. sehr schmale Felder) konnte die gewünschte rechtwinklige Anordnung der Meßlinien nicht in allen Fällen eingehalten werden. Bei Reihenkulturen wurde versucht, ein Meßlinienpaar in Reihenrichtung zu legen, das zweite quer dazu.

Die Linienlänge betrug durchgehend 0,7 mm. Der Abstand der parallel verlaufenden Linien wurde mit 0,1 mm festgelegt. Statistische Einheit war jeweils das parallel verlaufende Linienpaar.

Jede Linie wurde zweimal, und zwar mit unterschiedlicher effektiver Öffnung gemessen. Die Öffnung war stets quadratisch und betrug bei der ersten Messung $20 \times 20 \mu\text{m}$, bei der zweiten Messung $40 \times 40 \mu\text{m}$. Die Schrittweite auf der Linie betrug dementsprechend 20 μm bzw. 40 μm , sodaß die Meßpunkte aneinander anschließen, die Meßlinie also ohne Zwischenräume erfaßt wurde.

Wird jedes parallel verlaufende Linienpaar wie o.a. als statistische Einheit behandelt, so ergeben sich daraus für jedes der 21 Testobjekte vier Meßkollektive:

	Messung mit Öffnung	
	$20 \times 20 \mu\text{m}$	$40 \times 40 \mu\text{m}$
Meßlinien 1 + 2	x	x
Meßlinien 3 + 4	x	x

Bei der Diskussion der Ergebnisse (vgl. z.B. Tab. 8, Seite 78, 79, 80, Abschnitt 6.2.2) treten diese vier Kollektive in Erscheinung.

Der Messung durch das Mikrodensitometer geht die Eingabe des Meßprogramms auf eine Kassette des Rechners und die Zurichtung der Bildvorlage auf dem Meßtisch des Geräts voraus. Das Vorgehen im Einzelnen wird anhand des folgenden Dialogs deutlich:

```

ENTER DATE: <M/D/Y>:11/7/77
ENTER LENGTH OF RASTER: 7000
ENTER NUMBER OF LINES: 2
ENTER WIDTH (HEIGHT) OF LFF. CLIT: 11
ENTER DISTANCE BETWEEN LINES (HAY TO HEAD): 100
ENTER OPTICAL MAGNIFICATION OF THE
OBJECTIVE: <M.F. >: 25.0
ENTER AN ALPHANETIC 3-CHAR-CODE TO
IDENTIFY YOUR IMAGE: 0000000
ENTER AN ALPHANETIC 3-CHAR-CODE TO
IDENTIFY THE RASTER WITHIN YOUR IMAGE: 000

```

```

NOW ADJUST THE MDM TABLE AT THE UPPER LEFT CORNER
OF THE DESIRED RASTER
AND ADJUST SEC. APERTURE WIDTH 100 MICRONS
AND ADJUST SEC. APERTURE LENGTH 100 MICRONS
PAUSE

```

```

ENTER <0> TO START EXECUTION OF POS. OR NEG.
NUMBER OF READINGS TO BE TAKEN WITHIN TEST SCAN: 0

```

```

ENTER 4-CHAR. PENCIL IDENTIFICATION: 1111
BINARY OUTPUT FILE? CTG:34

```

Der Befehl zum Zurichten der Bildvorlage auf dem Meßtisch des MDM (Mikrodensitometer): "Adjust the MDM" wird von Hand ausgeführt, indem die Abbildung des zu messenden Testfeldes so auf dem Meßtisch eingerichtet wird, daß die gewünschte Verlaufsrichtung der Meßlinie parallel zur Laufrichtung des Meßtisches liegt. Über einem am Gerät befindlichen, vergrößernden Monitor mit Fadenkreuz wird die befohlene Einstellung des Anfangspunktes der ersten der beiden parallelen Meßlinien vorgenommen. Dabei wird darauf geachtet, daß der Linienverlauf nicht in Randbereiche des Testfeldes eintreten wird.

Mit der Eingabe der File-Kennzeichnung (siehe obiges Beispiel, letzte Zeile) ist das Gerät meßbereit. Der Meßbefehl kann ausgelöst werden. Die Messung beginnt. Zug um Zug mit der Messung erfolgte im vorliegenden Falle gleichzeitig die Speicherung aller Meßwerte auf dem Kassettenband und die graphische Darstellung als Densitogramm.

Für die rechnergesteuerte Nutzung des Mikrodensitometers und die digitale Auswertung stand folgende Gerätekonfiguration zur Verfügung:

Ein NOVA 2 Rechner von Data General mit 16 K Bytes Hauptspeicher, zwei Kassetteneinheiten von Data General als Hintergrundspeicher und ein Teletype Terminal ASR 33. Das Mikrodensitometer war mittels eines Analog-Digital-Wandlers und eines Interfaces, beide von Joyce-Loebl, an den Rechner angeschlossen. Auf dem Rechner fungierte das von Tom Midgley im Auftrag von Joyce-Loebl geschriebene Programm WIZARD (Midgley 1977) als Betriebssystem. WIZARD enthält eine Compiler, der auf der Grundlage von Ganzzahlenarithmetik und dem ASCII-Zeichensatz eine einfache, höhere Programmiersprache versteht, die zusätzlich Sprachelemente für die Steuerung des Mikrodensitometers enthält.

Um innerhalb der Abteilung Luftbildmessung und Luftbildinterpretation der Universität Freiburg, an der die vorliegende Arbeit entstand, Kompatibilität der Software verschiedener Autoren zu erreichen, sind für die Erstellung von Programmen in der WIZARD-Sprache von Guido Lange Richtlinien ausgearbeitet, und eine Software-Grundausstattung programmiert worden: WIPS, d.h. WIZARD Controlled Image Processing System (Lange 1977). Die folgenden Erläuterungen formulierte G. Lange dazu :

Da WIZARD hauptspeicherresident ist und bereits etwa die Hälfte des verfügbaren Speicherplatzes in Anspruch nimmt, ist WIPS so konzipiert, daß für die Bearbeitung eines geschlossenen Problems ein Paket von in der WIZARD-Sprache geschriebenen Programmen derart zusammengestellt wird, daß dieses durch ein Kommando an WIZARD neben WIZARD in den Hauptspeicher geladen werden kann, und daneben noch ein angemessener Puffer für den Zugriff auf die zu bearbeitenden Daten frei bleibt. Solche Programmpakete heißen Versionen. Wegen des knappen Hauptspeicherplatzes können die von einzelnen Versionen zu behandelnden Probleme nicht sehr kom-

plex sein. Daraus ergibt sich, daß einerseits Datenerfassung und -auswertung getrennt und andererseits die Auswertung auf verschiedene Versionen aufgeteilt werden müssen. Da es schließlich auch nicht möglich ist, verschiedene Versionen von WIPS im Hauptspeicher gegeneinander auszutauschen unter Belassung von Daten im Hauptspeicher, weil nämlich WIZARD keine Segmentierung erlaubt, benutzt WIPS eine spezielle Speicherungstechnik auf den Magnetbandkassetten:

Auswertende Versionen von WIPS schreiben die Eingabedaten, die zugehörigen Kenngrößen und alle in früheren Auswertungen gewonnenen Parameter grundsätzlich vollständig neu auf eine andere Magnetbandkassette und dazu zusätzlich die neu berechneten Parameter. Dadurch wird ein hohes Maß an Sicherheit erreicht, was wegen der nicht möglichen Reproduzierbarkeit der Originaldaten wünschenswert ist, und es wird die Buchhaltung vereinfacht, da Rohdaten, Kenngrößen und Auswertung immer zusammen gespeichert, und mit Version 2 von WIPS vollständig wiedergewonnen werden können.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden die folgenden Versionen von WIPS genutzt:

- Version 1 zur Datenerfassung am Mikrodensitometer durch Abgreifen von Dichtewerten entlang paralleler, gleichlanger, äquidistanter Mikrodensitometerlinien und Speicherung der Daten auf einer Magnetbandkassette,
- Version 3, Teil 1, zur Berechnung deskriptiver, statistischer Parameter (Minimum, Maximum, Mittelwert, Varianz, Histogramm),
- Version 2 zum Ausdrucken von Kenngrößen der Daten, der Daten selbst, Histogramm und berechneter Parameter. (Lange 1978)

6.22 Diskussion der mikrodensitometrischen Meßergebnisse

In einer Voruntersuchung mit einem Densitometer (vergl. hierzu die Gerätebeschreibung und Versuchsanordnung in Kap. 6.3) war im durchfallenden, weißen Licht die Dichte der photographischen Vorlage für fünf verschiedene Flächen des Untersuchungsgebietes Bietigheim gemessen worden. Dabei hatte sich gezeigt, daß zwischen den Mittelwerten der Streubreite und der Varianz der Einzelwerte Unterschiede bestehen. Tabelle 6 gibt diese Werte an, und in Tabelle 7 wird das Ergebnis eines t-Tests niedergelegt. Letzterer beweist, unter Zugrundelegung einer 95 % statistischen Sicherheit, daß tatsächlich in den meisten Fällen signifikante Unterschiede bezüglich der Helligkeit der abgebildeten Flächen unterschiedlicher Nutzungsart oder Brachflächenkategorie vorliegen, und also auch in den eingehenderen mikrodensitometrischen Messungen erwartet werden können.

Tab. 6: Densitometrische Auswertung in D-Werte

Nutzungs- klasse	Max	Min	$\bar{x}$	s^2	s
1	2	3	4	5	6
101	1,33	0,48	0,614	0,02759	0,16611
102	0,86	0,38	0,509	0,01246	0,11165
103	0,58	0,38	0,446	0,00259	0,05094
104	0,58	0,44	0,491	0,00068	0,02620
105	0,65	0,43	0,576	0,00261	0,05118

Tab. 7: T-Test der Dichtewerte bei 5 % Überschreitungs-
wahrscheinlichkeit

	101	102	103	104	105
1	2	3	4	5	6
101	-	+	+	+	-
102		-	+	-	-
103			-	+	+
104				-	+
105					-

Im folgenden werden nunmehr die Ergebnisse der mikrodensitometrischen Messung dargestellt und diskutiert. Sie sind in Tabelle 8 für alle 21 Testfelder und jeweils die zwei Linienpaare, und getrennt nach der Messung von 20 u und 40 u effektive Öffnung der Meßblende, aufgelistet. Zur besseren Beurteilung der Tabellenwerte sind in der Abb. 28 und 29 die Mittelwerte der Dichte (Spalten 7 und 8 der Tabelle 8) zusätzlich graphisch dargestellt.

Die Meßergebnisse werden ferner in den Histogrammen der Abb. 44 bis 64 und in den Densitogrammen der Abb. 30 bis 43 dargestellt. Es wird daran erinnert, daß mit dem Mikrodensitometer die optische Dichte am Meßpunkt gemessen wird. Die in den Ergebnissen verwendeten Zahlenwerte sind dabei relative Dichtewerte, so wie sie vom Gerät als dreistelliger Wert ausgegeben wurden.

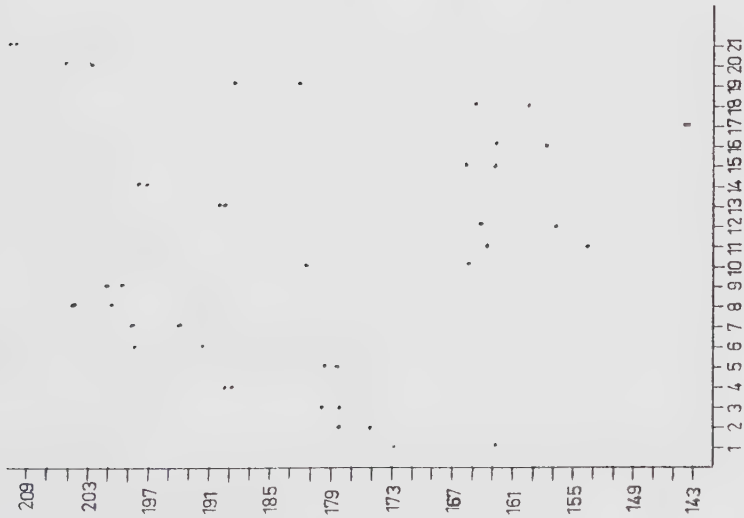


Abb. 28 : Mittelwerte der Dichte für
20 μm

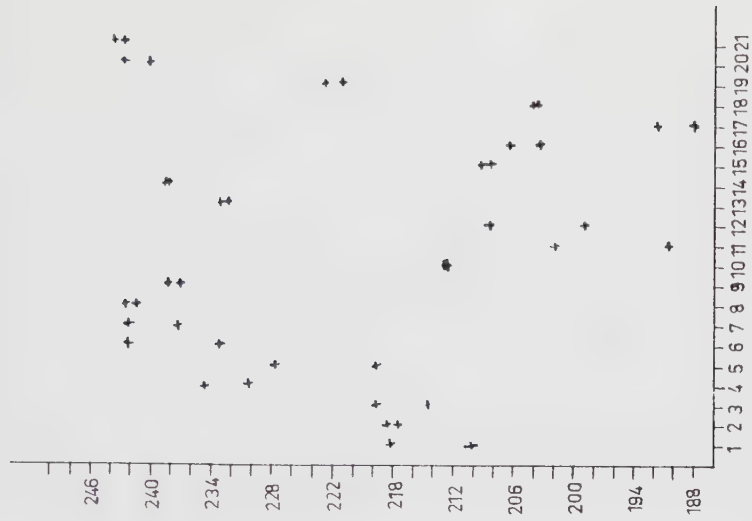


Abb. 29 : Mittelwerte der Dichte für
40 μm

Tab.8: Ergebnis der
mikrodensitometrischen
Messung für alle 21
Testfelder

Test- Nr.	Linie Nr.	Maximum		Minimum		Mittelwerte	
		20u	40u	20u	40u	20u	40u
	2	3	4	5	6	7	8
1	100	189	242	26	140	162,84	210,12
	200	180	243	30	176	172,9	218,46
2	100	200	240	12	163	178,18	217,70
	200	203	247	30	193	175,31	218,69
3	100	200	243	13	107	178,22	214,33
	200	200	243	33	167	179,94	219,13
4	100	200	247	28	209	189,50	234,03
	200	200	247	38	203	188,9	220,17
5	100	203	249	19	192	173,30	227,04
	200	203	259	92	176	179,13	219,03
6	100	217	251	123	186	191,45	230,17
	200	221	251	149	220	196,35	240,35
7	100	212	251	139	209	191,1	237,50
	200	217	251	161	218	193,36	242,1
8	100	215	251	161	214	200,71	241,53
	200	216	251	157	225	201,6	240,23
9	100	219	251	11	208	190,21	237,16
	200	221	251	11	200	201,91	241,16

Bestfliche Nr.	Lini- Nr.	Minimum		Minimum		Lini- Nr.	
		200	201	200	201		
	0	0	0	0	0	7	0
	100	200	201	200	201	100	200
	101	200	201	200	201	101	200
	102	200	201	200	201	102	200
	103	200	201	200	201	103	200
	104	200	201	200	201	104	200
	105	200	201	200	201	105	200
	106	200	201	200	201	106	200
	107	200	201	200	201	107	200
	108	200	201	200	201	108	200
	109	200	201	200	201	109	200
	110	200	201	200	201	110	200
	111	200	201	200	201	111	200
	112	200	201	200	201	112	200
	113	200	201	200	201	113	200
	114	200	201	200	201	114	200
	115	200	201	200	201	115	200
	116	200	201	200	201	116	200
	117	200	201	200	201	117	200
	118	200	201	200	201	118	200
	119	200	201	200	201	119	200
	120	200	201	200	201	120	200
	121	200	201	200	201	121	200
	122	200	201	200	201	122	200
	123	200	201	200	201	123	200
	124	200	201	200	201	124	200
	125	200	201	200	201	125	200
	126	200	201	200	201	126	200
	127	200	201	200	201	127	200
	128	200	201	200	201	128	200
	129	200	201	200	201	129	200
	130	200	201	200	201	130	200
	131	200	201	200	201	131	200
	132	200	201	200	201	132	200
	133	200	201	200	201	133	200
	134	200	201	200	201	134	200
	135	200	201	200	201	135	200
	136	200	201	200	201	136	200
	137	200	201	200	201	137	200
	138	200	201	200	201	138	200
	139	200	201	200	201	139	200
	140	200	201	200	201	140	200
	141	200	201	200	201	141	200
	142	200	201	200	201	142	200
	143	200	201	200	201	143	200
	144	200	201	200	201	144	200
	145	200	201	200	201	145	200
	146	200	201	200	201	146	200
	147	200	201	200	201	147	200
	148	200	201	200	201	148	200
	149	200	201	200	201	149	200
	150	200	201	200	201	150	200
	151	200	201	200	201	151	200
	152	200	201	200	201	152	200
	153	200	201	200	201	153	200
	154	200	201	200	201	154	200
	155	200	201	200	201	155	200
	156	200	201	200	201	156	200
	157	200	201	200	201	157	200
	158	200	201	200	201	158	200
	159	200	201	200	201	159	200
	160	200	201	200	201	160	200
	161	200	201	200	201	161	200
	162	200	201	200	201	162	200
	163	200	201	200	201	163	200
	164	200	201	200	201	164	200
	165	200	201	200	201	165	200
	166	200	201	200	201	166	200
	167	200	201	200	201	167	200
	168	200	201	200	201	168	200
	169	200	201	200	201	169	200
	170	200	201	200	201	170	200
	171	200	201	200	201	171	200
	172	200	201	200	201	172	200
	173	200	201	200	201	173	200
	174	200	201	200	201	174	200
	175	200	201	200	201	175	200
	176	200	201	200	201	176	200
	177	200	201	200	201	177	200
	178	200	201	200	201	178	200
	179	200	201	200	201	179	200
	180	200	201	200	201	180	200
	181	200	201	200	201	181	200
	182	200	201	200	201	182	200
	183	200	201	200	201	183	200
	184	200	201	200	201	184	200
	185	200	201	200	201	185	200
	186	200	201	200	201	186	200
	187	200	201	200	201	187	200
	188	200	201	200	201	188	200
	189	200	201	200	201	189	200
	190	200	201	200	201	190	200
	191	200	201	200	201	191	200
	192	200	201	200	201	192	200
	193	200	201	200	201	193	200
	194	200	201	200	201	194	200
	195	200	201	200	201	195	200
	196	200	201	200	201	196	200
	197	200	201	200	201	197	200
	198	200	201	200	201	198	200
	199	200	201	200	201	199	200

Testfläche Nr.	Linie Nr.	Maximum		Minimum		Mittelwert	
		COu	POu	20u	40u	20u	40u
	3	3	4	5	6	7	3
16	100	202	225	71	140	157,73	203,7
	3+4	197	237	82	147	162,79	206,52
17	1+2	135	219	61	134	143,57	183,13
	3+4	95	224	71	147	143,95	191,3
18	100	197	231	32	147	171,33	203,23
	3+4	102	224	53	158	159,23	204,3

Für die vorgesehenen Vergleichuntersuchungen war es nicht erforderlich eine Umwandlung in absolute Dichtewerte vorzunehmen. Zum Verständnis der Werte ist zu sagen, daß die Helligkeit eines Objektes umso größer ist, je größer die dreistellige Zahl wird. Die mittlere Helligkeit (arithmetischer Mittelwert der optischen Dichte aller Meßpunkte eines Kollektivs) erwies sich - dem optischen Eindruck entsprechend und analog zu den Ergebnissen der o.g. Voruntersuchungen - für die Testfläche als sehr unterschiedlich. Tabelle 8, Spalte 7 und 8, aber auch die dazugehörenden Abbildungen 28, 29 lassen erkennen, daß die sieben verschiedenen Flächenkategorien *cum grano salis* typische Mittelwerte aufweisen. Als dunkelste Felder sind in den Luftbildaufnahmen die Maisfelder und die aufgeforsteten Brachflächen abgebildet. Als hellste Felder erscheinen die gemähten Brachflächen und die erst seit kurzem brachliegenden Flächen. Etwas dunkler sind die mittelalten Brachflächen und zwei der drei Wiesenflächen. Die seit langer Zeit brachliegenden und verwilderten Flächen nehmen eine Mittelstellung ein. Die Ergebnisse der Messungen mit 20 µm und mit 40 µm effektive Öffnung sind in ihrer Aussage gleich. Auch der Verlauf der Meßrichtung (Linienpaar 1+2 und 3+4) hat keinen signifikanten Einfluß, die Mittelwerte der Linienpaare des gleichen Testfeldes liegen, von Ausnahmen die als zufällig interpretiert werden können abgesehen, jeweils sehr nahe beieinander.

Ein Blick auf die Abbildungen 28 und 29 zeigt, daß man im Untersuchungsgebiet Brachflächen allein aufgrund der mittleren Helligkeit -hier im Infrarot-Farbluftbild- zwar von den Maisfeldern und den aufgeforsteten Flächen, nicht aber von den Wiesen unterscheiden kann. Interessant ist aber, daß sich die Brachflächen im Untersuchungsgebiet bezüglich der Helligkeit der Abbildungen, recht gut nach ihrem Alter unterscheiden lassen: Je länger eine Fläche schon brach-liegt, desto dunkler wird sie abgebildet. Zwei Gründe können hierfür angeführt werden:

Mit zunehmendem Alter der Brachflächen wird der Bewuchs in der Regel höher. Im vorliegenden Untersuchungsgebiet wird dies entweder durch zunehmende Verbuschung, oder durch das allmähliche Einwandern hochstämmiger Stauden und Gräser (Riedgras) hervorgerufen. Der höherstämmige, oder unregelmäßige Bewuchs verursacht Schattenwürfe, die zu dunkleren Erscheinungsbildern der Fläche und damit zu niedrigeren Mikrodensitometerwerten im Luftbild führen. Es ist dabei auch nicht ausgeschlossen (hier jedoch nicht untersucht), daß auch die Blattorgane der, die älteren Brachflächen bedeckenden Pflanzen, das einfallende Licht stärker absorbieren bzw. geringer reflektieren als jene der jungen Brachflächen.

Nach diesen Feststellungen soll nun nach der Homogenität der Helligkeit gefragt werden. Die Antwort darauf ist recht gut an den Abbildungen der Histogramme, welche die relative Häufigkeit der Helligkeitswerte wiedergeben, und an den Densitogrammen abzulesen.

Auch die Vergleiche der Differenzen zwischen Maximal- und Minimalwert der Helligkeit (Spalte 3/4 und 5/6 der Tab. 8) können hierzu, dies auch mit Einschränkung, Auskunft geben.¹⁾

Die Häufigkeitsverteilungen (Abb. 30 bis 42) zeigen bezüglich Streubreite der Einzelwerte und Verteilungsform merkbare Unter-

¹⁾ Bei der Auswertung wurden ferner die Varianzen, die Standardabweichung und die Variationskoeffizienten für jede gemessenen Liniennaare ausgerechnet. Durch einen offensichtlichen Hartware-Fehler beim verwendeten NOVA 2 Rechner (Firma Data General) waren die Angaben in Rechenwerten jedoch unbrauchbar. Auch eine daran anschließende Signifikanzprüfung mußte vorerst entfallen. Aus terminlichen Gründen war eine Berechnung des umfangreichen Datenmaterials auf einer anderen Anlage bis zur Fertigstellung der Arbeit nicht mehr möglich. Die entsprechenden Berechnungen werden, mit Zustimmung von Prof. Dr. Hildebrandt, später in der Abteilung Luftbildmessung und Luftbildinterpretation hinterlegt.

schiede zwischen den verschiedenen Kategorien. Die schlankesten Formen der Häufigkeitsverteilung zeigen die regelmäßig bewirtschafteten Wiesen und gemähten Brachflächen (Abb. 40). Ähnlich, z.T. aber doch schon merklich weniger schlank sind, bei nahezu gleicher Streuwerte, die Verteilungen bei den jungen Brachflächen (Abb. 35 , 36). Eine Mittelstellung, bezüglich der Formen und Streubreiten, nehmen die mittelalten und alten Brachflächen ein. Die Histogramme dieser beiden Kategorien ähneln sich weitgehend. Überraschend ist hierbei, daß die Histogramme für alle untersuchten Flächen dieser beiden Kategorien eine gleiche Verteilung der Helligkeitswerte zeigen. Dies, obwohl der visuelle Eindruck dieser Flächen auf den Luftbildern z.T. sehr unterschiedlich ist. Es wird daran erinnert, daß diese mittelalten und alten Brachflächen durch ihre z.T. sehr unterschiedliche pflanzensoziologische Entwicklung, sowohl im Gelände wie im Luftbild, ein recht differenziertes Aussehen haben. In den Histogrammen spiegelt sich diese Unterschiedlichkeit kaum wieder.

Deutlich unterscheiden sich dagegen die Histogramme der aufgeforsteten Brachflächen (s. Abb. 53 , 54 , 55) von den noch brachliegenden Flächen der Kategorien I - III, und natürlich noch von den gemähten Brachflächen (Kategorie V) und Wiesen. Die Häufigkeitsverteilung der Helligkeitswerte der aufgeforsteten Brachflächen sind in sich, je nach Verfassung der Fläche, unterschiedlich, jedoch durchweg breiter als jene, der zuvor besprochenen Klassen. Sie haben z.T. eine Ähnlichkeit mit den Verteilungen, die sich für die Maisfelder (Abb. 62 , 63 , 64) ergaben.

```

1 132 >
3 136 >
3 140 > *
3 144 > *
5 148 > **
23 152 > *****
33 156 > *****
46 160 > *****
51 164 > *****
54 168 > *****
98 172 > *****
133 176 > *****
133 180 > *****
53 184 > *****
40 188 > *****
35 192 > *****
7 196 > *
2 200 > *

```

Abb. 30 : Brachfläche entstanden 1963 oder früher

```

1 88 >
3 92 >
3 96 >
3 100 >
3 104 >
1 108 >
3 112 >
3 116 > *
1 120 >
4 124 > +
4 128 >
7 132 > **
1 136 >
6 140 > ***
3 144 > *
3 148 > *
5 152 > *
14 156 > **
15 160 > *****
26 164 > *****
31 168 > *****
35 172 > *****
46 176 > *****
72 180 > *****
133 184 > *****
39 188 > *****
75 192 > *****
37 196 > *****
41 200 > *****
23 204 > *****
1 208 >
1 212 >

```

Abb. 31 : Brachfläche entstanden 1963 oder früher

3 143 > *
 1 144 >
 3 145 >
 3 152 >
 4 155 > *
 0 152 >
 3 154 > * *
 13 161 > * * * *
 22 172 > * * * * *
 36 176 > * * * * * * *
 73 183 > * * * * * * * * * *
 54 154 > * * * * * * * * * * *
 56 155 > * * * * * * * * * * * * * *
 112 172 > * * * * * * * * * * * * * * * *
 106 196 > * * * * * * * * * * * * * *
 76 150 > * * * * * * * * * * * * * *
 52 204 > * * * * * * * * * * *
 24 225 > * * * * *

Abb. 32 : Brachfläche entstanden zwischen 1964 - 1969

1 92 >
 3 96 >
 1 103 >
 3 114 >
 3 118 >
 4 112 >
 3 115 >
 1 123 >
 3 124 >
 3 128 >
 3 132 >
 3 135 >
 1 142 >
 5 144 > +
 5 145 > *
 3 152 > *
 11 156 > * * *
 15 160 > * * * *
 29 164 > * * * * * *
 55 172 > * * * * * * *
 69 172 > * * * * * * * * * * *
 73 176 > * * * * * * * * * *
 17 176 > * * * * * * * * * * * * * *
 67 154 > * * * * * * * * * * * * * *
 177 180 > * * * * * * * * * * * * * *
 52 180 > * * * * * * * * * * * * * *
 59 196 > * * * * * * * * * * * * * *
 24 200 > * * * * * * *
 3 204 > * *
 1 210 >

Abb. 33 : Brachfläche entstanden zwischen 1964 - 1969

1 136 >
 J 14J >
 2 144 >
 3 148 >
 1 152 >
 5 156 >
 2 163 >
 11 164 >
 13 169 >
 13 172 >
 26 176 >
 51 180 >
 63 184 >
 69 188 >
 71 192 >
 84 196 >
 70 200 >
 64 204 >
 66 208 >
 45 212 >
 16 216 >
 1 220 >

Abb. 34 : Brachfläche entstanden zwischen 1964 - 1969

1 153 >
 2 154 >
 5 158 >
 14 172 >
 11 176 >
 23 183 >
 44 184 >
 55 188 >
 111 192 >
 11 196 >
 170 200 >
 97 204 >
 71 208 >
 13 212 >

Abb. 35 : Brachfläche entstanden 1970 oder später

```

5 1 4 >***
1 1 1 >
2 1 2 >***
6 1 7 >***
15 1 10 >*****
32 1 34 >*****
43 1 38 >*****
39 1 92 >*****
78 1 103 >*****
78 2 11 >*****
121 2 14 >*****
117 2 16 >*****
63 2 18 >*****
59 2 18 >*****
11 2 17 >***

```

Abb. 36 : Brachfläche entstanden 1970 oder später

```

3 1 34 >***
1 1 12 >
2 1 12 >
2 1 13 >***
2 1 21 >***
1 1 24 >
3 1 2 >***
1 1 32 >
3 1 36 >***
7 1 40 >***
4 1 44 >***
6 1 48 >***
12 1 52 >***
12 1 56 >***
10 1 50 >***
11 1 64 >***
32 1 65 >*****
12 1 72 >*****
67 1 76 >*****
53 1 80 >*****
53 1 84 >*****
117 1 86 >*****
91 1 92 >*****
65 1 96 >*****
39 2 13 >*****
22 2 14 >*****
12 2 18 >***
12 2 12 >***
3 2 16 >***

```

Abb. 37 : Aufgeforstete ehemalige Brachfläche

```

1 115 >+
2 117 >+
3 116 >+
4 123 >+
4 124 >+
3 125 >+
12 138 >+
12 138 >+
17 142 >+
21 144 >+
25 146 >+
34 152 >+
41 156 >+
47 163 >+
59 164 >+
59 166 >+
59 172 >+
55 175 >+
74 139 >+
46 184 >+
18 188 >+
1 192 >+
2 195 >+

```

Abb. 38 : Aufgeforstete ehemalige Brachfläche

```

2 76 >+
3 83 >
3 84 >
3 88 >
3 92 >+
1 95 >
4 111 >+
4 114 >+
3 116 >+
4 112 >+
5 116 >+
5 123 >+
12 124 >+
14 128 >+
13 132 >+
20 136 >+
15 140 >+
26 144 >+
30 148 >+
35 152 >+
36 156 >+
34 163 >+
33 164 >+
47 168 >+
46 172 >+
59 176 >+
59 180 >+
56 184 >+
44 188 >+
41 192 >+
24 196 >+
9 203 >+
11 204 >+
5 209 >+
1 212 >

```

Abb. 39 : Aufgeforstete ehemalige Brachfläche

2 84 >*
 0 88 >
 0 92 >
 2 96 >*
 0 100 >
 1 104 >
 0 108 >
 2 112 >*
 5 116 >*
 3 120 >*
 3 124 >*
 9 128 >***
 29 132 >*****
 13 136 >*****
 16 140 >*****
 17 144 >*****
 33 148 >*****
 37 152 >*****
 53 156 >*****
 55 160 >*****
 57 164 >*****
 66 168 >*****
 63 172 >*****
 63 176 >*****
 59 180 >*****
 46 184 >*****
 37 188 >*****
 29 192 >*****
 1 196 >
 3 200 >*

Abb. 41: Äcker (Maisfelder)

1 72 >
 1 76 >
 2 80 >*
 3 84 >*
 3 88 >
 5 92 >*
 9 96 >***
 4 100 >*
 13 104 >***
 16 108 >***
 13 112 >***
 14 116 >***
 24 120 >*****
 26 124 >*****
 35 128 >*****
 33 132 >*****
 37 136 >*****
 36 140 >*****
 14 144 >*****
 49 148 >*****
 12 152 >*****
 71 156 >*****
 50 160 >*****
 34 164 >*****
 34 168 >*****
 33 172 >*****
 24 176 >*****
 19 180 >*****
 5 184 >*****

Abb. 42: Äcker (Maisfelder)

```

1 60 >
1 64 >
1 68 >
1 72 >
1 76 >
1 80 >
2 84 >
1 88 >
1 92 >
1 96 >
1 100 >
1 104 >
4 108 >
3 112 >
2 116 >
13 120 >
3 124 >
5 128 >
22 132 >
12 136 >
10 140 >
25 144 >
31 148 >
41 152 >
51 156 >
51 160 >
71 164 >
104 168 >
137 172 >
73 176 >
137 180 >
104 184 >
10 188 >
4 192 >
1 196 >

```

Abb. 43 : Äcker (Maisfelder)

Erläuterung zu den Histogrammen:

0,5 % pro Stern etwa 4 Pixel für 20 um

Als Fazit läßt sich feststellen, daß die untersuchten Kategorien sich in folgender Gruppierung bezüglich der Helligkeitsverteilungen im Luftbild unterscheiden:

Wiesen und gemähte Brachflächen:

Schlanke Verteilungen und i.d.R. geringe Streubreite.

junge Brachflächen (Kat. III)

Schlanke Verteilungen, Streubreite etwas größer.

mittelalte und alte Brachflächen (Kat. I - III):

Mittelschlanke Verteilungen, mittlere Streubreiten.

aufgeforstete Brachflächen:

Breite, jedoch unterschiedlich differenzierte Verteilungen, mittlere bis größere Streubreiten.

Maisfelder:

Breite, gleichmäßige Verteilungen i.d.R. große Streubreiten.

Die Densitogramme lassen die weitgehende Antwort auf die Frage nach der Homogenität bzw. Textur der von den verschiedenen Nutzungskategorien eingenommenen Bildflächen zu. Zur Erläuterung der Densitogramme ist zu sagen, daß es sich bei den abgebildeten Kurven um Teilstücke der jeweils längeren Densitogramme des betreffenden Feldes bzw. Meßstreifens handelt. Die Randmarkierungen bzw. Mittelwert sowie Minimal- und Maximalwert beziehen sich jedoch auf die gesamten Meßlinien, und nicht nur auf das wiedergegebene Teilstück.

Der Vergleich der Densitogramme ist besonders aufschlußreich. Er zeigt zunächst Übereinstimmend mit dem visuellen Eindruck bei der Betrachtung der Luftbilder, daß die Wiesenflächen (Abb. 59 , 60 , 61), bezüglich der Helligkeit, die homogensten Flächen sind. Mit anderen Worten: Sie zeigen nur sehr wenig Textur. Dies stimmt auch gut mit dem oben gesagten, bezüglich der schlanken

Häufigkeitsverteilung der Helligkeitswerte, überein.

Wenig Textur und damit ebenfalls noch recht geringe Amplituten bezüglich der Helligkeitswerte benachbarter Punkte, zeigen die jungen Brachflächen und die gemähten Brachflächen: Dabei unterscheiden sich erstere von letzteren jedoch offensichtlich durch die Gleichförmigkeit bzw. Ungleichförmigkeit des Densitogramms.

Die gemähten Brachflächen zeigen einen ungleichförmigen Verlauf des Densitogramms. Sehr strukturlose Stellen wechseln mit Stellen auffallend größeren Amplituten. Die Densitogramme der jungen Brachflächen sind dagegen durchweg recht gleichförmig.

Von den bisher besprochenen Densitogrammen unterscheiden sich jene der mittelalten Brachflächen deutlich, durch größere Amplituten, d.h. große Helligkeitsunterschiede benachbarter Punkte. Die Densitogramme verlaufen i.d.R. gleichförmig, d.h., daß doch auch bei dieser Kategorie die Bildtextur noch als relativ homogen zu bezeichnen ist.

Fast durchweg noch größer sind die Amplituten bei den Densitogrammen der alten Brachflächen. Im Gegensatz zu dem Vergleich der Histogramme (s.o.) treten also bei den Densitogrammen merkbare Unterschiede zwischen mittelalten und alten Brachflächen auf. Es kommt hinzu, daß die Densitogramme der alten Brachflächen deutlich unruhiger, ungleichförmiger als jene der mittelalten (und natürlich auch den jungen) Brachflächen verlaufen. Hier bestätigt sich durch die Messungen eindeutig der visuelle Eindruck dieser Flächen bei der Luftbildinterpretation: Diese Flächen sehen bekanntlich oft "fleckig", "marmoriert", oder einfach gesagt, sehr unregelmäßig aus.

Gleich große, wenn nicht noch größere Amplituten zeigen die Densitogramme der aufgeforsteten Brachflächen und der Maisfelder. Im Gegensatz zu den Densitogrammen der alten Brachflächen sind jene aber deutlich gleichförmiger. Auch dies entspricht dem

visuellen Eindruck bei der Luftbildinterpretation. Dabei ergibt sich aber aus dem Vergleich weiterhin ein wiederum deutlicher Unterschied zwischen den Densitogrammen der aufgeforsteten Flächen und den der Maisfelder. Bei relativ gleichen Amplituden ist die Frequenz der Kurven unterschiedlich. Die Densitogramme der Maisfelder haben eine sehr hohe Frequenz, d.h. sie zeigen im Luftbild eine deutliche, aber sehr feine Textur. Für die aufgeforsteten Flächen ergeben sich dagegen Densitogramme mit ebenso deutlicher, aber gröberer Textur. Im Bild sind hier die einzelnen pflanzstellen der Bäume zu sehen, und da diese im regelmäßigen Verband angeordnet sind, erscheint ein netzförmiges Muster, das sich auch im Densitogramm in der o.a. Art als gröbere Textur erkennen läßt.

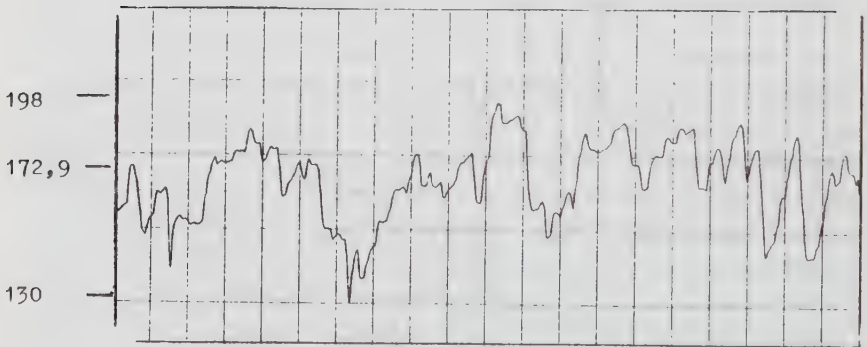


Abb. 44 : Brachfläche entstanden 1963 oder früher

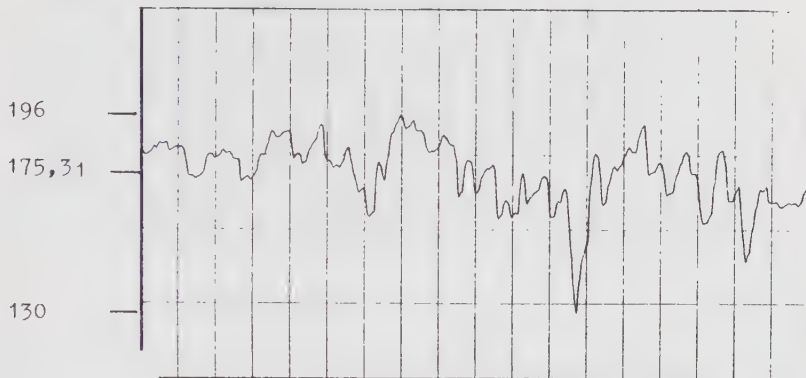


Abb. 45 : Brachfläche entstanden 1963 oder früher

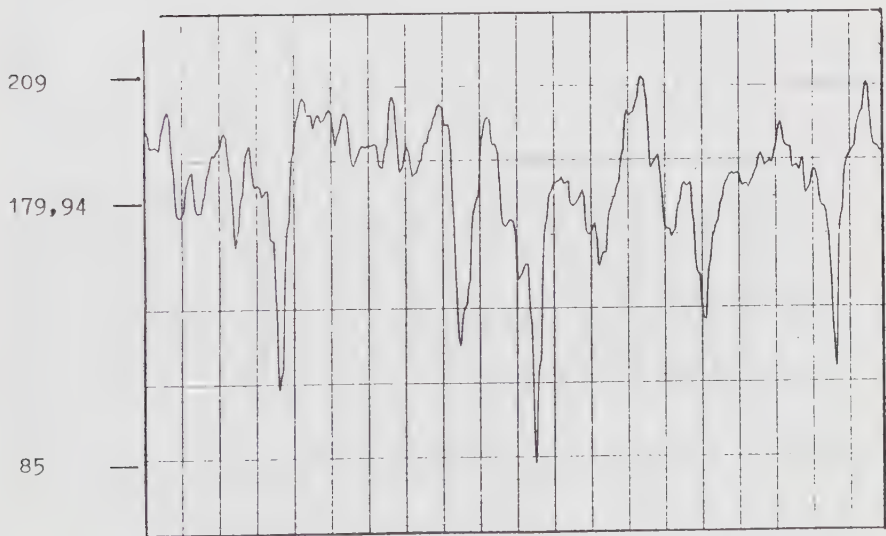


Abb. 46 : Brachfläche entstanden 1963 oder früher

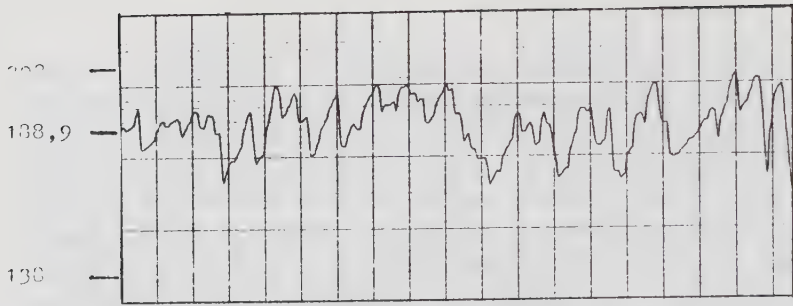


Abb. 47 : Brachfläche entstanden zwischen 1964-1969

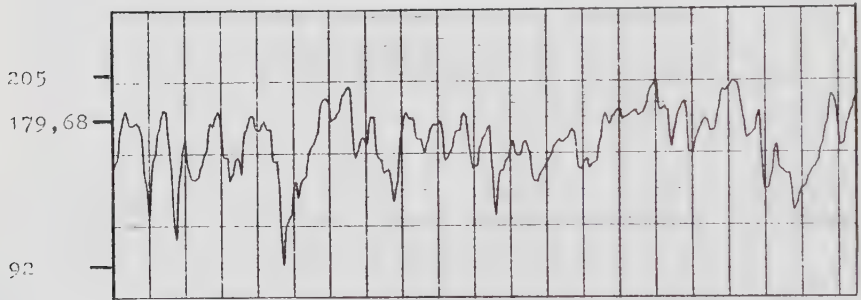


Abb. 48 : Brachfläche entstanden zwischen 1964-1969

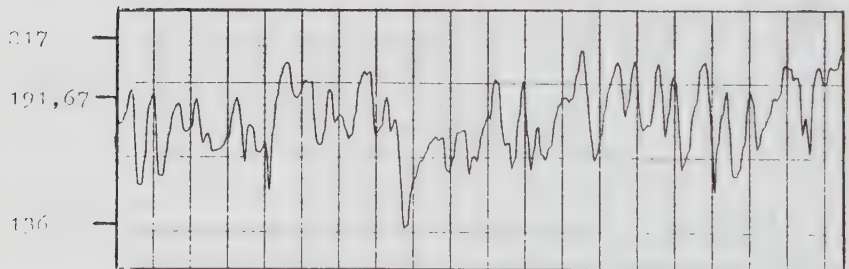
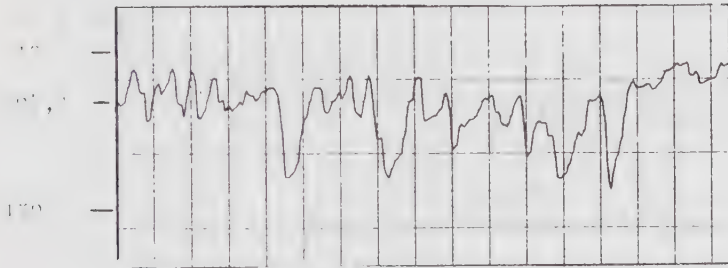
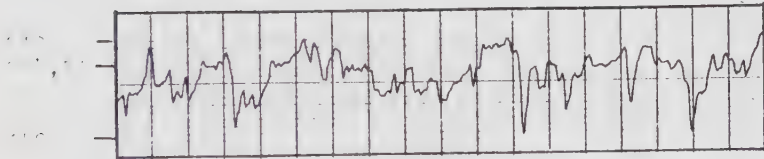


Abb. 49 : Brachfläche entstanden zwischen 1964-1969



bb. 50 : Brachfläche entstanden 1970 oder später



bb. 51 : Brachfläche entstanden 1970 oder später

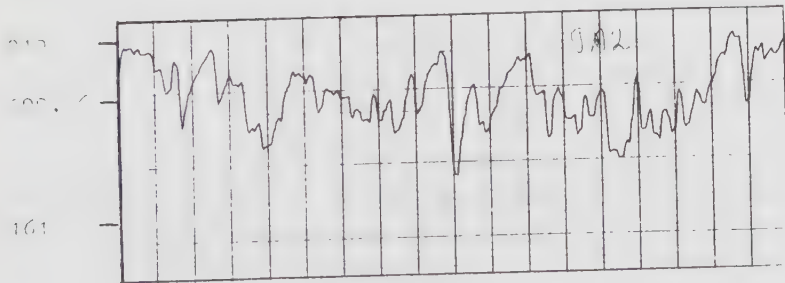


Abb. 52 : Brachfläche entstanden 1970 oder später

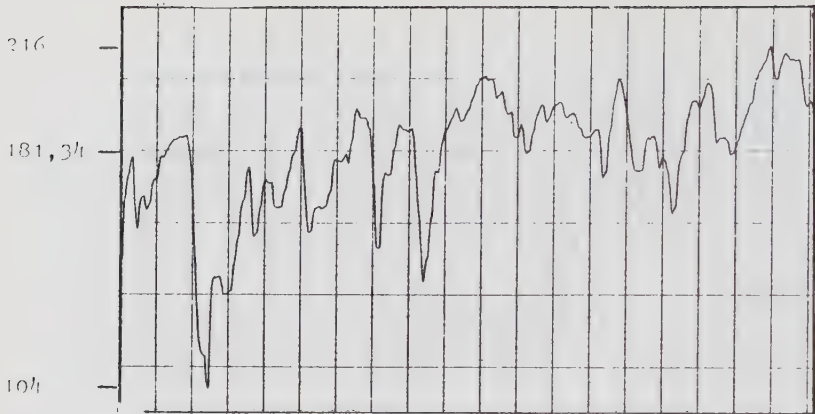


Abb. 53 : Aufgeforstete chem. Brachfläche

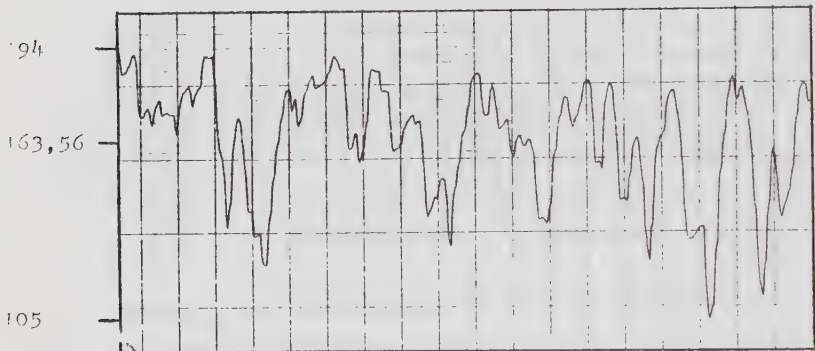


Abb. 54 : Aufgeforstete chem. Brachfläche

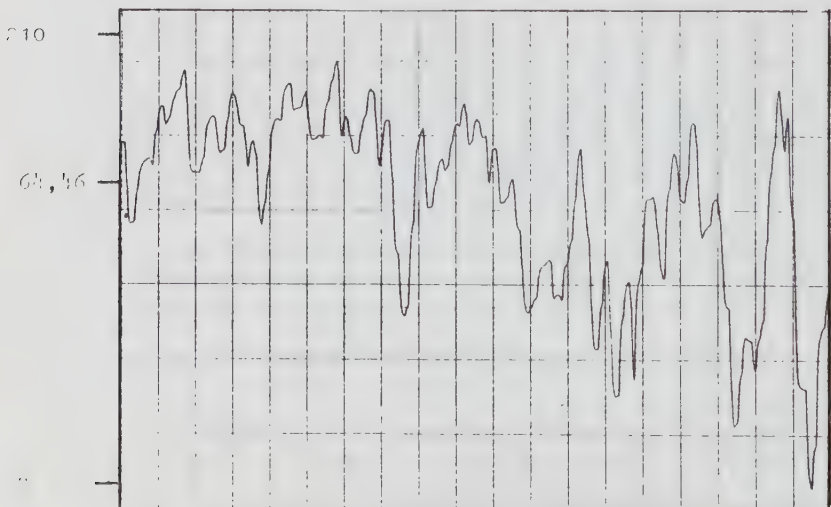


Abb. 55 : Aufgeforstete chem. Brachfläche

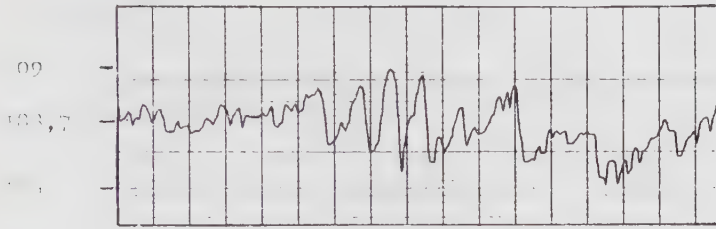


Abb. 56 : Gefüllte Brachfläche

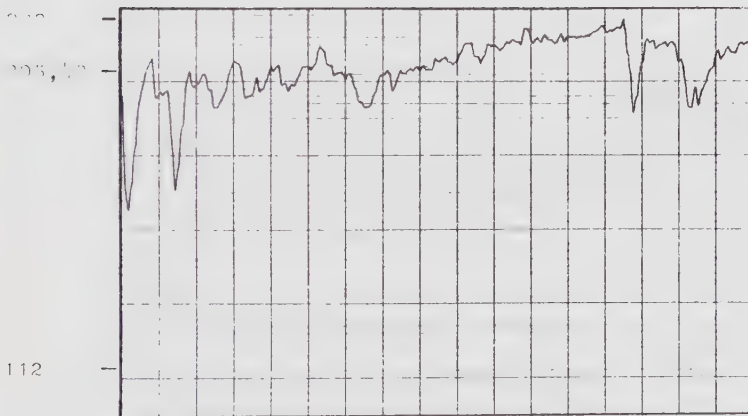


Abb. 57 : Gefüllte Brachfläche

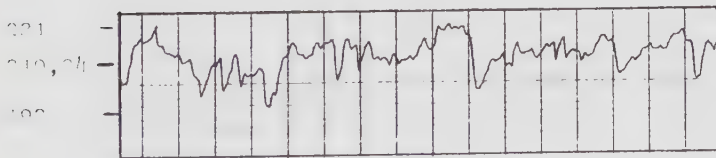


Abb. 58 : Gefüllte Brachfläche

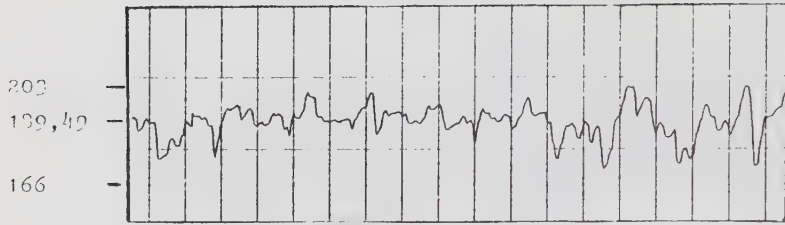


Abb. 59 : Wiese

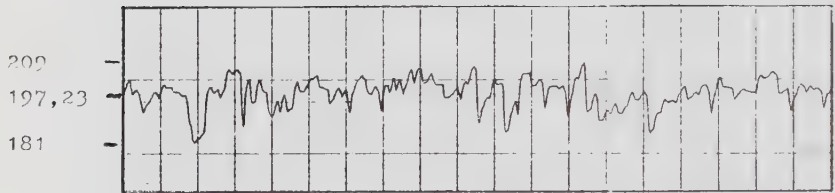


Abb. 60 : Wiese

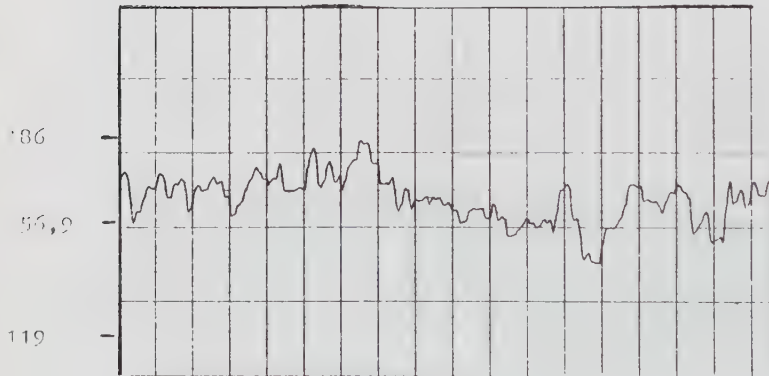


Abb. 61 : Wiese

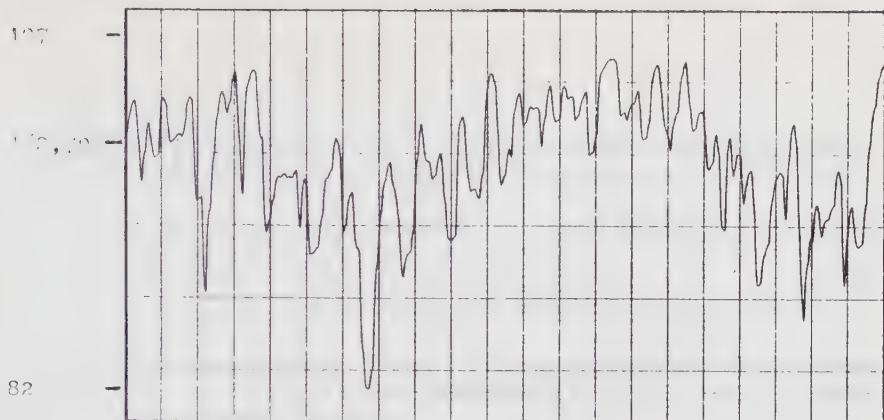


Abb. 62 : Äcker (Maisfelder)

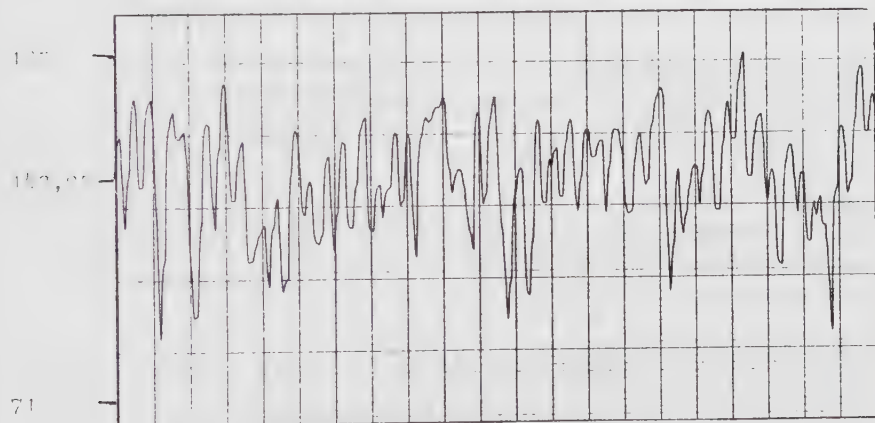


Abb. 63 : Äcker (Maisfelder)

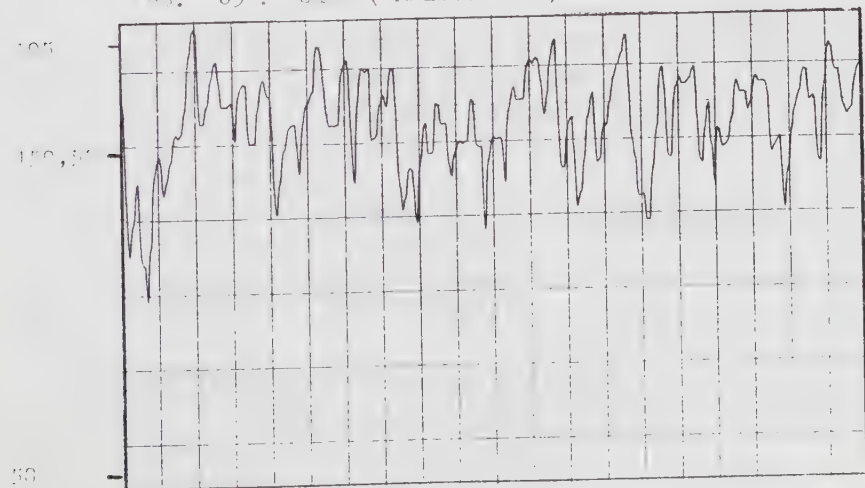


Abb. 64 : Äcker (Maisfelder)

Versucht man auch hier ein Fazit zu ziehen, so ergibt sich folgendes, etwas vereinfachtes Bild für die Unterscheidung der untersuchten Kategorien:

Wiesen:

fast texturlos, gleichmäßig

gemähte Brachflächen:

wenig Textur, z.T. ungleichförmiges Densitogramm.

junge Brachflächen:

wenig Textur, Überwiegend gleichförmiges Densitogramm.

mittelalte Brachflächen:

mittlere Texturen (mittelgroße Amplituden und Frequenzen), i.d.R. gleichförmiger Verlauf des Densitogramms.

alte Brachflächen:

relativ größere Amplituden als mittelalte Brachflächen, unregelmäßiger, ungleichförmiger Verlauf des Densitogramms, unregelmäßige Textur.

aufgeforstete Brachfläche:

große Amplituden und geringe Frequenz des Densitogramms, deutliche, relativ grobe aber regelmäßige Textur.

Maisfelder:

große Amplituden und große Frequenz des Densitogramms, deutliche, feine und regelmäßige Textur.

6.3 Farbanteilmessungen

Wie schon einleitend (vgl. Kap. 6.1) gesagt wurde, erfolgten die Farbmessungen mit einem Densitometer¹⁾. Verwendet wurde das

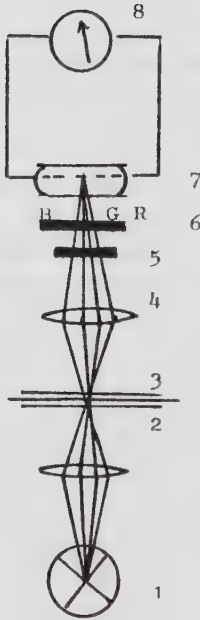
¹⁾ Diese Messungen wurden vor denen zur Helligkeitsbestimmungen durchgeführt; zu einem Zeitpunkt, als das Mikrodensitometer (vgl. Kap. 6.2) noch nicht zur Verfügung stand

Macbeth Farbdensitometer TD - 102, dessen Funktionsprinzip in Abb. 65 und der dazugehörigen Beschreibung dargestellt ist.

Untersuchungsgegenstand waren die gleichen Nutzungsklassen wie für die Helligkeitsmessungen (Kap. 6.2), jedoch ohne die Klassen "aufgeforstete Brachflächen" und "gemähte Brachflächen". Die Testflächen an denen die Farbmessungen durchgeführt wurden, waren nicht durchweg die gleichen, wie später bei den Helligkeitsuntersuchungen. Untersucht wurden folgende fünf Flächen (Tab.9).

Testfläche	Nutzungsklasse	Luftbild Nr.
1	2	3
101	I Brachfläche entstanden 1963 oder früher	20
102	II Brachfläche entstanden zwischen 1964-1969	20
103	III Brachfläche entstanden 1970 oder später	20
104	VI Wiese	20
105	VII Äcker (Maisfelder)	20

Tab. 9: Die fünf Testflächen der Helligkeitsuntersuchungen



Der Aufbau und die Funktionsweise des Densitometers sind in Abb. 65 schematisch dargestellt:

Das Licht (1) wird von unten durch die Meßblende (2), durch das Meßobjekt (3) und schließlich durch die Optik des Meßkopfes (4), sowie durch einen Kompensationsfilter (5), das spektrale Empfindlichkeit des Photomultipliers über den gesamten Spektralbereich hinweg gleichmäßig neutralisiert und eventuell durch eines der Farbfilter (6) auf den Photomultiplier (7) geleitet. Über eine Photomultiplier-Dynoden-Regelschaltung wird die gemessene Dichte bzw. die gemessene Transmission direkt auf der Meßskala (8) angezeigt (Kodak Gerätebeschreibung T-5662-1169)

Abb. 65 : Funktionsprinzip des Macbeth Farbdensitometers TD - 102

6.31 Methodik

Alle Untersuchungen über die Farbanteile erfolgten auf ein und demselben Luftbild, welches aus der gleichen Befliegung stammte, aus der auch die für Kapitel 6.2 verwendeten Bilder entnommen waren. Die Lage der Meßobjekte ist in Abb. 25 wiedergegeben. Wie man erkennen kann, wurden bei der Auswahl der Meßobjekte Randlagen auf dem Luftbild vermieden.

Die Meßanordnung folgte in allen fünf Untersuchungsflächen dem

gleichen, systematischen Schema, wurde jedoch darüberhinaus der Flächengröße- und-form angepaßt. Grundsätzlich wurde in parallelen Reihen gemessen, wobei der Abstand von Meßpunkt zu Meßpunkt in der Reihe 2 mm und der Abstand von Reihen zu Reihen ebenfalls 2 mm betrug. Die Länge der einzelnen Reihen und die Verlaufsrichtung der Reihen variierte entsprechend der Größe und Form der Untersuchungsflächen. Als Folge davon ergaben sich unterschiedliche Gesamtzahlen an Meßpunkten für die fünf verschiedenen Objekte. Folgende Meßpunktzahlen standen schließlich für die Auswertung zur Verfügung.

101	N = 73
102	N = 26
103	N = 47
104	N = 42
105	N = 48

Die densitometrischen Messungen erfolgten durchweg mit einer kreisförmigen Blendenöffnung von 0,6 mm. Gemessen wurde im weißen Licht und durch Verwendung von Filtern mit Transmission im roten, grünen und blauen Farbbereich.

Die Transmissionskurven der drei eingesetzten Filter sind bei Tzschupke (1974, S. 135) wiedergegeben.

An jedem Meßpunkt wird mit dem Densitometer nach Eichung des Geräts vor jeder Meßzeit die photographische Dichte der Bildvorlage (Original Diapositiv des Infrarot-Farb-Luftbildes) und die Lichtdurchlässigkeit in Prozent = T % gemessen. Die Meßgenauigkeit liegt bei $\pm 0,02$ D.

Das Meßergebnis wird an einer Skala des Geräts abgelesen. Zwischen D und T % besteht bekanntlich folgende Beziehung:

$$D = \log \frac{100}{T \%}$$

Aus den prozentualen Transmissionswerten T der Messungen in den drei Farbbereichen lassen sich die Anteile der drei Grundfarben rot (= r), grün (= g) und blau (= b) berechnen:

$$r = \frac{T_R}{T_G + T_B + T_R}$$

$$g = \frac{T_G}{T_G + T_B + T_R}$$

$$b = \frac{T_B}{T_G + T_B + T_R}$$

$r + g + b$ muß dabei stets 1,0 ergeben (vgl. z.B. Tzschupke 1974, S. 133 ff).

Das Protokoll für die Messungen und die Farbanteilsberechnung sah wie folgt aus: (siehe nächste Seite).

6.32 Diskussion der densitometrischen Farbanteilmessungen

Die Ergebnisse der Farbanteilmessungen sind zusammengefaßt in Tab.10 dargestellt. Neben den arithmetischen Mittelwerten der Farbanteile aller Messungen in einem Bestand sind die ermittelten Maximal- und Minimalwerte angegeben. Die Summe der arithmetischen Mittelwerte r, g, b eines Bestandes gibt aus rechnerischen Gründen nicht genau 1,0; sie liegt jedoch in allen Fällen sehr nahe an diesem Wert (0,998/0,997/0,999/0,998/0,999).

Dominierende Farbe für alle fünf untersuchten Nutzungsklassen ist auf den im August aufgenommenen Luftbildern blau. Dies über-

Ausgangs- klasse	Personen- anz.	$\frac{D_1}{D_2}$	$\frac{D_3}{D_2}$	$\frac{D_4}{D_2}$	$\frac{D_5}{D_2}$	$\frac{D_6}{D_2}$	$\frac{D_7}{D_2}$	$\frac{D_8}{D_2}$
I	10	<u>0,55</u> 21,377	<u>1,00</u> 12,022	<u>0,51</u> 24,547	<u>2,42</u> 38,018	<u>74,587</u> 74,587	<u>0,161</u> 0,161	<u>0,510</u> 0,510
		<u>0,55</u> 28,183	<u>0,79</u> 16,218	<u>0,51</u> 30,902	<u>0,39</u> 40,738	<u>87,858</u> 87,858	<u>0,184</u> 0,184	<u>0,464</u> 0,464
		<u>0,58</u> 26,302	<u>0,67</u> 21,379	<u>0,59</u> 25,703	<u>0,41</u> 38,904	<u>85,986</u> 85,986	<u>0,243</u> 0,243	<u>0,452</u> 0,452
		.	.	.	.	.	.	.
		.	.	.	.	.	.	.

Protokoll (Auszug)

Tab. 10 : Ergebnisse der Farbanteilmessungen

Nutzungs- klasse	r	g	b
1	2	3	4
101 I	$\frac{0,343}{0,544-0,161}$	$\frac{0,242}{0,450-0,189}$	$\frac{0,413}{0,533-0,0882}$
102 II	$\frac{0,255}{0,356-0,172}$	$\frac{0,309}{0,401-0,217}$	$\frac{0,433}{0,481-0,390}$
103 III	$\frac{0,262}{0,389-0,187}$	$\frac{0,330}{0,392-0,250}$	$\frac{0,407}{0,450-0,379}$
104 VI	$\frac{0,378}{0,445-0,253}$	$\frac{0,234}{0,334-0,118}$	$\frac{0,386}{0,462-0,346}$
105 VII	$\frac{0,345}{0,417-0,247}$	$\frac{0,243}{0,333-0,197}$	$\frac{0,411}{0,456-0,368}$

raschte zunächst etwas, da die visuelle Interpretation eher ein Überwiegen des Rotanteils bei der Maisfläche und der Wiese erwarten ließ. Bei Durchsicht der Meßprotokolle zeigte sich, daß es - besonders bei der Wiesen- und Maisfläche, auch zahlreiche Einzelwerte gibt, bei denen der rote Farbanteil überwiegt. Für den arithmetischen Mittelwert der Untersuchungsflächen ergab sich jedoch wie u.a. durchweg die beschriebene Dominanz des Blauanteils.

Die Mittelwerte der Blauanteile liegen dabei für alle fünf Bestände recht eng beieinander. Ein signifikanter Unterschied ist nicht nachweisbar, wohl aber kann eine unterschiedlich große Streuung um den Mittelwert festgestellt werden. Während bei der jungen Brachfläche (Bestand Nr. 103) und dem Maisfeld (Bestand Nr. 105), aber auch bei der mittelalten Brachfläche die Blauanteile aller Meßpunkte dicht um den Mittelwert liegen, weist die Wiese vor allem aber die älteste Brachfläche eine sehr viel größere Variabilität dieses Farbanteils auf. Die Abbildungen 66 bis 70 (Punktschar) lassen dies auch optisch erkennen. Die große Variabilität der Blauanteile der alten Brachfläche bestätigt den optischen Eindruck beim Betrachten des Luftbildes. Sie mag zudem typisch für alle verwilderten und z.T. verbuschten Brachflächen sein. Ein generelles Merkmal für Brachflächen aller Art ist sie hingegen nicht. Junge Brachflächen, wie z.B. Bestand 103, können sogar im Gegenteil einen sehr homogenen Blauanteil aufweisen.

Die Mittelwerte der Rotanteile der fünf untersuchten Flächen liegen deutlich weiter auseinander als jene der Blauanteile. Die verschiedenen Kulturarten unterscheiden sich also in diesem Farbanteil besser. Jedoch lassen sich auch durch dieses Merkmal die Brachflächen allein nicht einwandfrei von den kultivierten Flächen (Wiese, Mais) trennen; die jungen und mittelalten Brachflächen zeigen zwar den geringsten Rotanteil, die alte Brachfläche aber unterscheidet sich hinsichtlich des Rotanteils nicht signifikant von der Wiese und auch der Maisfläche. In allen Untersuchungsflächen ist die Streuung der Einzelwerte im Rot größer als im Blau. Dabei fällt freilich wiederum auf, daß die Streubreite bei Fläche 101, der alten verwilderten Brachfläche, deutlich am größten ist.

Für den Grünanteil gilt dementsprechend Ähnliches wie für den Rotanteil: Fläche 102 und 103 zeigen ähnliche Grünanteile. Sie unterscheiden sich von den anderen Flächen, die - wie beim Rotanteil - keine signifikanten Unterschiede untereinander aufwei-

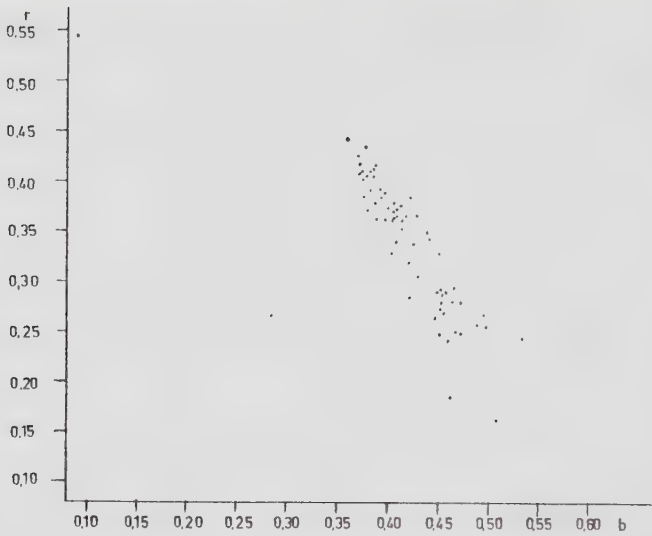


Abb. 66 : Bestand Nr. 101
Brachfläche entstanden 1963 oder früher

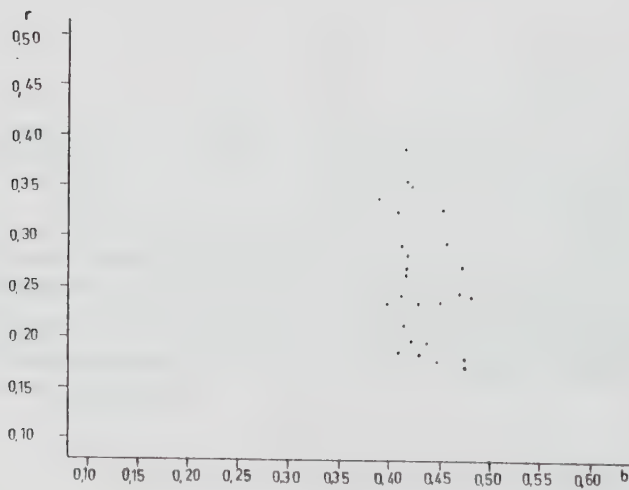


Abb. 67 : Bestand Nr. 102
Brachfläche entstanden zwischen 1964 - 1969

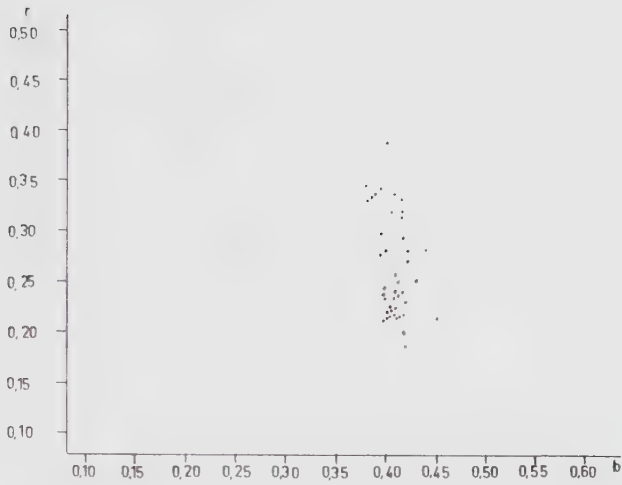


Abb. 68 : Bestand Nr. 103
Brachfläche entstanden 1970 oder später

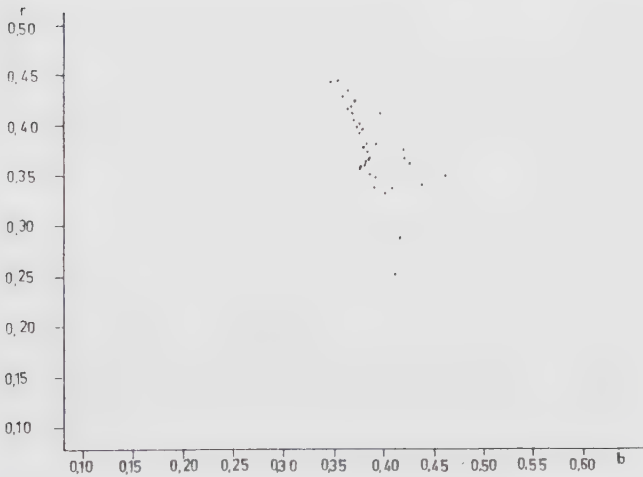


Abb. 69 : Bestand Nr. 104
Wiese

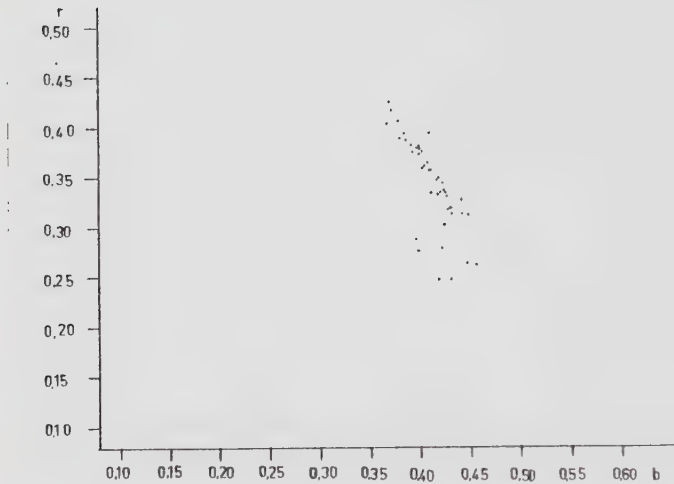


Abb. 70 : Bestand Nr. 105
Äcker (Maisfelder)

sen. Wichtig ist dabei der Umstand, daß die Abbildungen der jungen und mittelalten Brachflächen einen höheren Grünanteil als Rotanteil aufweisen, während bei den alten Brachflächen und den beiden kultivierten Flächen der Abbildungen ein größerer Rotanteil als Grünanteil feststellbar ist.

Versucht man aus diesen Ergebnissen ein Fazit im Hinblick auf die Trennbarkeit aufgrund der Farbanteile zu ziehen, so ergibt sich:

- Brachflächen (im Untersuchungsgebiet und damit entsprechenden pflanzensoziologischen Zusammensetzungen) lassen sich von kultivierten Flächen (Wiese, Mais) nicht durch einen bestimmten Farbparameter unterscheiden.

- Brachflächen weisen im IRC-Farbluftbild vielmehr entsprechend ihrem Alter, d.h. dem Grad der Verwilderung und der sich veränderten Pflanzengesellschaft, unterschiedliche Farbanteile und Farbtexturen auf. Dabei ähneln sich junge und mittelaite Brachflächen sehr - sie können nicht sicher getrennt werden - dagegen nehmen die sehr alten Brachflächen eine Sonderstellung ein.
- Zwischen jungen/mittelaalten Brachflächen und alten Brachflächen bestehen folgende Unterschiede bezüglich der farblichen Wiedergabe:

	Brachfläche junge/mittelaite	alte
Farbdominanz (gemessen)	blau	blau
Verhältnis Rotanteil zu Grünanteil	mehr grün	mehr rot
Streubreite aller Farbanteile	mittel	sehr groß
Visuelles Farberscheinungsbild	rel. homogen	heterogen unregelmäßig, fleckig

- Zwischen den beiden Brachflächengruppen und den untersuchten kultivierten Flächen zeigten sich Unterschiede in der Relation der Farbanteile und in den absoluten Werten der Rot- und Grünanteile zwischen einerseits den "jungen/mittelaalten Brachflächen" und andererseits der Gruppe "alte Brachfläche/Wiese/Mais".

- Die letztgenannte, heterogene Gruppe läßt sich nicht aufgrund der Mittelwerte der Farbanteile unterscheiden. Es zeigen sich jedoch in Übereinstimmung mit dem visuellen Farberscheinungsbild deutliche Farbtexturunterschiede. Im densitometrischen Ergebniss manifestieren sich diese unterschiedlichen Farbtexturen in der geringere bzw. großen Streubreite der Farbanteile der Einzelmessungen. Visuell lassen sich die drei Kulturformen dieser Gruppe durch charakteristische Texturen erkennen.

	alte Brachflächen	Wiese	Maisfeld
Farbdominanz (gemessen)	blau	blau	blau
Verhältnisse Rotanteil zu Grünanteil	mehr rot	mehr rot	mehr rot
Streubreite der Farbanteile			
rot	sehr groß	groß	groß
blau	groß	gering	gering
grün	sehr groß	groß	mittel
Visuelles Farberscheinungsbild	unregelmäßig fleckig, heterogen	homogen keine Struktur	gleichmäßig Streifenstruktur

- Stellt man die Cluster "Rotanteil über Blauanteil" der Einzelwerte, so wie sie in den Abbildungen 66 bis 70 dargestellt sind, in einem gemeinsamen Graphikon durch die Umhüllenden der Cluster dar, so wird das hier Festgestellte noch einmal sehr deutlich vor Augen gestellt. Die Cluster

überlappen sich so sehr, daß eine Trennung allein aufgrund der Farbanteilwerte nicht möglich ist (vgl. hierzu Abb. 71).

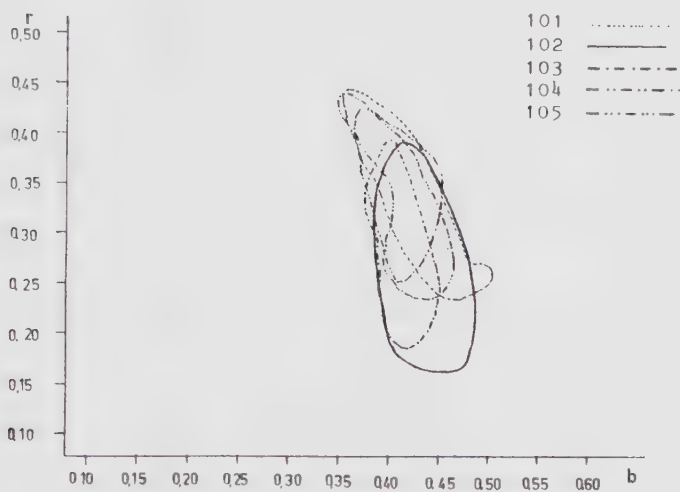


Abb. 71 : Graphikon der Umhüllenden der Punktschar

7. LITERATURVERZEICHNIS

- AKCA, A.: Eine Untersuchung zur Unterscheidung und Identifizierung einiger Objekte auf Schwarz-Weiß-Luftbildern durch Quantitative Beschreibung der Photographischen Textur, Diss. Freiburg, 1970
- AMMER, U: Landwirtschaftlicher Nebenerwerbsbetrieb und Landschaftspflege, Institut für Raumordnung. Informationen Nr. 16. 1973, S. 373 - 377
- ANONYM: Sozialbrache in der Bundesrepublik. ALB-Inform.Dienst Nr. 11, Aug. B 1967, S.9
- ANONYM: Protokoll. Der Bundesernährungsminister spricht DLP 91, Nr. 13 1968 1 - 2
- BECHET, G.: Untersuchungen zur Entwicklung und Pflege von Brachflächen am Steilabfall der schwäbischen Alb. Diplomarbeit, Forstwissenschaftliche Fakultät, Univ. Freiburg, 1973/1974
- BECK, H.: Die Veränderungen im Waldbestand im Württembergischen Wuchsgebiet Schwarzwald seit dem zweiten Weltkrieg. Zulassungsarbeit zum Staatsexamen, Geographisches Institut, Univ. Freiburg, 1967
- BIERHALS, E und SCHARPF, H.: Zur ökologischen und gestalterischen Beurteilung von Brachflächen. Natur und Landschaft 46. Jg. Heft 2 1971, S. 31 - 34
- Bme: Sozialbrache nahm weiter zu
Der Forst- und Holzwirt, Nr. 24. Dezember 1973
S. 503

- Bme: Brandfläche "insgesamt nicht bedrohlich"
Der Forst- und Holzwirt. Nr. 16, August 1973
S. 338
- BOSSHARD, W.: Der Begriff "Brachland"
Bericht Nr. 112 der Eidg. Anstalt für forstliche Versuchswesen, CH - 8903 Birmensdorf,
Oktober 1973, S. 9 - 19
- BRACK, G.: Die künftige Landnutzung in den landwirtschaftlichen Problemgebieten - Fragen an eine regional differenzierte Agrarstrukturpolitik -
Institut für Raumordnung. Informationen Nr. 11
15. Juni 1972, S. 279 - 288
- BUNGERT, W.: Die Sozialbrache im Saarland und ihre Auswirkung im Landschaftshaushalt. Natur
Landsch. 36, 1961, S 106 - 112
- BURKHARDT, R.: Ein einfacher Perspektiv-Umzeichner
Bildmessung und Luftbildwesen. 1961. S. 8 - 12
- BÜHRING, H.: Sozialbrache auf Äckern, Wiesen in pflanzensoziologischer und ökologischer Sicht. Diss.
Gießen 1970 S. 1 - 3
- DAMS, Th.: Regionalstatistische Analyse der Verteilung des Dauergrünlandes. Ber.dt. Landeskd. 21
1958, S 154 - 159
- DILL H.W.: Manual of photographie Interpretation Kap. 9
1960
- DJAWADI, K.: Eine photogrammetrische Methode zur digitalen Erfassung und Charakterisierung der Oberflächengestalt von Waldbeständen. Diss. Univ.
Freiburg 1977

- ERZ, W.: Das Brachflächenproblem aus der Sicht von Naturschutz und Landschaftspflege, Jahrbuch für Naturschutz und Landschaftspflege, Band 22, ARN, Bonn-Bad Godesberg, 1973
- FISCHER, K und HEINZ, L.: Landwirtschaftliche Fläche mit naturbedingten Standortnachteilen - Die Regionalplanerische Problematik am Beispiel Westpfalz-Institut für Raumordnung, Informationen Nr. 14 Juli 1972, S. 360 - 364
- FISCHER, H.J.: Analyse der Brachflächen
Geobotanische Interpretation von Infrarot-Falschfarben-Luftbildern des Zentralkaiserstuhls Staatsexamensarbeit, Biologisches Institut II, Univ. Freiburg 1975, S. 27-29
- FRANCK, W.: Umfang und Ursache des Brachlandes in Hessen
Forschungsgesellschaft, Agrarsoziologie e.v. 1955 H. 18
- FRANCK, W.: Der Umfang des Brachlandes in Hessen
Staat und Wirtsch. Hessen 12 1957, S. 270 - 272
- GIERLOFF - EMDEN, H - G, SCHRODER - LANZ, H.: Luftbildauswertung, Bd. I, II, III. Bibliographisches Institut. Mannheim/Wien/Zürich. Hochschultaschenbücher - Verlag 1970/71
- GUSO.: Brachland-Landwirtschaftsproblem und forstliche Nutzungsmöglichkeit AFZ 30 Jg, 9/10.März 1975, S. 184
- HACHENBERG, Fr.: Aufforstung - Kein Allheilmittel "Unser Wald" 1/71, S. 3 Sozialbrache-Wohlstandsbrache "Unser Wald" 1/71 S. 9 - 12

- HAEFNER, H. MAURER, H. SCHOEDLER, J. und GFELLER, R. Zürich
Zur automatischen Messung und Registrierung
von Schwärzungsverteilungen und Texturen.
Bildmessung und Luftbildwesen, 40 Jg. 1972
S. 173 - 182
- HARSCHKE, E.: Die Nebenerwerbslandwirtschaft in Hessen
Sonderh. 20, Wiesbaden 1966
- HARTKE, W.: Die soziale Differenzierung der Agrarland-
schaft im Rhein-Mainz-Gebiet, Erdkde. 1953,
S. 11 - 27
- HARTKE, W.: Die "Sozialbrache" als Phänomen der geo-
graphischen Differenzierung der Landschaft
Erdkde. 10, 1956 S. 257 - 269
- HEINRICH, MÖTTER-MINY Natur und Kultur des Landes an der mittleren
Warthe im Luftbild. Landeskundliche Luft-
bildauswertung im mitteleuropäischen Raum
Schriftenfolge des Amtes für Landeskunde,
Heft 1, 1952
- HEUVELDOP, J. und GLEITZ, D.: Brachland, Entstehung, Entwicklung,
standörtlich differenzierte Nutzungsmöglich-
keiten. Mitteilungen der Bundesforschungsan-
stalt für Forst- und Holzwirtschaft. Rein-
beck Nr. 101/74, Kommissionsverlag Wiede-
busch, Hamburg 1974, S. 1 - 13
- HILDEBRANDT, G.: Remote Sensing Photogrammetric, Luftbildinter-
pretation, AFZ, 25 Jg. Nr. 35, 1970, S. 723
- HILDEBRANDT, G.: Zum Einsatz von Erderkundungssatelliten für
Supranationale Inventur der Wälder und land-
wirtschaftlichen Nutzflächen. Sonderdruck aus
Raumfahrtforschung Heft 4, Juli/Aug. 1973

- ISBARY, G.: Konsequenzen der agrarstrukturellen Wandlungen in der Raumplanung. AVA-Sonderheft 9 1962, S. 1 - 16
- IFR.: Zur Problematik der Sozialbrache. Institut für Raumordnung, Informationen, 22. Jg.Nr. 3 S. 79 - 81, 1972
- Ipd: Wie bewältigen wir die Brache?
Der Forst- und Holzwirt. Nr.9, Mai 1973
S. 178
- JÄGER, H.: Sozialbrache in Unterfranken Ber. dt. Landeskde. 1958, Nr. 21, S. 135 - 136
- JOYCE LOEBL: Instruction manual for Microdensitometer 3 cs. Im Archiv der Abt. Luftbildmessung und Luftbildinterpretation, Univ. Freiburg
- JOYCE LOEBL: Joyce loebl Mirodensitometer. Im Archiv der Abt. Luftbildmessung und Luftbildinterpretation Univ. Freiburg
- KENNEWEG, H.: Interpretation von Luftbildaufnahmen für die Erforschung und Gestaltung von Vegetationsbeständen in westdeutschen Ballungsräumen. in Proceedings Symposium UFRO S. 6.05 S.87-116 Freiburg 1973
- KENNEWEG, H.: Landnutzungsintensität und Sozialbrache AFZ 30 Jg. 1975 1/2 S. 27
- KILCHENMANN, A.: Klassifikation von landwirtschaftlichen Kulturen auf panchromatischen Farb- und "Falsch-Color" Luftbildern mit Hilfe von Densitometermessungen und Computer-Mitteilungen aus dem Geograph. Institut der Univ. Zürich, Dez. 1965

- KÜTTER, H.: Der Einfluß der sozialen und wirtschaftlichen Differenzierung der Landbevölkerung auf die Landbewirtschaftung. Ber. Landw. 33, Sonderh. 162 1955, S. 23 - 42
- KRAGH, G.: Luftbild und Luftbildpläne Buchwald/Engelhard, Handbuch für Landschaftspflege und Naturschutz Band 4, 1969, S. 19 - 39
- KRAUSE, W.: Symposium Photo-Interpretation Delft-The Nederlands 1962, S. 352 - 354
- KRÜCKER, U.: Die sozialgeographische Entwicklung der fünf Feldbergdörfer im Taunus in den letzten 150 Jahren Rhein-Mainische Forsch. H 37 W. Kromer, 1952, Frankfurt/M
- LANGE, G.: Wips User and Programmer Reference Manual Freiburg 1977, (unveröffentlicht)
- LANGE, G.: Zur rechnergestützter Nutzung des Mikrodensitometers im Rahmen der Dissertation von Nasser Al-Homaid, 1978 (unveröffentlichtes internes Arbeitspapier)
- MEIENBERG, P.: Die Landnutzungskartierung nach Pan-Infrarot und Farbbilder, Münchner Studien zur Sozial- und Wirtschaftsgeographie Band 1, Verlag Michael Lassleben, Kallmünz/Regensburg, 1966
- MEIER, H-K.: Über die Benutzung von Infrarotemulsionen in der Photogrammetrie Bildmessung und Luftbildwesen, 1962, S. 27 - 36
- MEISEL, K. und HÜBSCHMAN, A.: Grundzüge der Vegetationsentwicklung auf Brachflächen. Natur und Landschaft 48 Jg, Heft 3, März 1973, S. 70 - 74

- MEISEL, K.: Über Umfang, räumliche Verteilung und Vegetationsentwicklung von Brachflächen in der BRD. Das Brachflächenproblem aus der Sicht von Naturschutz und Landschaftspflege. Jahrbuch für Naturschutz und Landschaftspflege, ABN Bonn-Bad Godesberg, 1973, S. 9 - 13
- MEISEL, K. und BÜRGER, K.: Auswirkungen veränderter landwirtschaftlicher Nutzung auf Struktur, Bild und Naturhaushalt der Landschaft. Ber. über Landwirtschaft 50, Verlag Paul Parey, Hamburg/Berlin, 1972 S. 147 - 156
- MIDGLEY, T.: Wizard Instruction Manual, Joyce-Loebl Ltda. Gateshead. 1977
- MOHR, K.: Die wirtschaftlichen und soziologische Struktur von zwei Gemeinden im Main-Taunus-Kreis unter besonderer Berücksichtigung der Sozialbrache im Jahre 1953. Ber.Landw. 33, Sonderh. 162. 1955, S. 73 - 77
- MÖHLER, G.: Brache: Ursache-Bewertung-Maßnahmen. Landwirtschaft-Angewandte Wissenschaft. Herausgegeben vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Landwirtschaftsverlag GmbH Münster-Hiltrup (2000/XI. 1975)
- MUTHMANN, W.: Das Problem der "Sozialbrache" Innere Kolonien. 5 1956, S. 274 - 275
- NEUMEYER, F.: Zur Problematik der Sozialbrache in Raumordnung und Landespflege, Institut für Raumordnung. Informationen 22 Jg.Nr. 13, 1972. S. 337 - 343

- OTREMBA, E.: Bericht über die Arbeitstagung der Landwirtschaftsgeographischen Arbeitsgemeinschaft im Zentrallausschuß für deutsche Landeskunde in Donaueschingen vom 6. bis 8.3.1958, Ber. dt. Landeskde. 21, S.84-91
- PAPP, A.: Ausscheiden landwirtschaftlicher Nutzfläche
Institut für Raumordnung, Informationen
Nr. 14, 1973, S. 321 - 322
- ROHDE, H.: Untersuchungen zur Erkennung von Vitalitätsunterschieden an Kiefern durch digitale Auswertung von Infrarot-Farbbildern, Diss., Freiburg, 1977
- RUPPERT, K.: Zur Definition des Begriffes "Sozialbrache"
Erdkde. 12, 1958, S. 226 - 231
- SIDDIG, M.: Ein Beitrag zur Methode regionaler Landentwicklungsplanung im ariden Gebiet insbesondere zur Luftbildauswertung für die Zustandsanalyse, Diss., Univ. Freiburg, 1972
- SCHADE, J.: Abhängigkeit einiger durch digitale Auswertung von Luftbildern gewonnener Texturparameter von Bildort und Geländere relief.
Dip.-Arbeit, Freiburg, 1976.
- SCHMIDT-KRAEFFELIN, E., SCHNEIDER, S.: Luftbildinterpretation in der Agrarlandschaft. Landeskundl. Luftbildauswertung im mitteleuropäischen Raum, Heft 7, 1966
- SCHNEIDER, S.: Interpretationsschlüssel, Luftbild und Luftbild-Interpretation, Bd. XI, Lehrbuch der All. Geographie, Berlin/New York 1974, S. 170 - 182

- SCHNEIDER, S.: Landnutzung im Luftbild und Luftbildinterpretation 1974, S. 341 - 352
- SCHNEIDER, S.: Ländliche Siedlungen im Luftbild und Luftbildinterpretation 1974, S. 385 - 398
- SCHOEDLER, R.J.: Landnutzungsinterpretation mit Hilfe farbiger Luftbilder im Unterwallis, Diss. Univ. Zürich, 1973
- SCHWAAR.: Sozialbrache im Luftbild, Umschau, Heft 10 1972, S. 328 - 329
- SCHWIDEFSKY, K.: Grundriss der Photogrammetrie Verlag für Wissenschaft und Fachbuch GmbH, Bielefeld 1950
- STATISTISCHES BUNDESAMT WIESBADEN : Fachserie B, Land- und Forstwirtschaft, Fischerei, Reihe 1 Bodennutzung und Ernte I. Bodennutzung, 1970, 1971, 1972, 1973, 1974, 1975, 1976.
- STATISTISCHE BERICHTE, statistisches Landesamt Baden-Württemberg:
 Agrardienst, 64, CI1-J/1971
 Agrardienst, 50, CI1-J/1972
 Agrarwirtschaft, Bericht Nr. 69 CI1-J/1973
 Agrarwirtschaft, Bericht Nr. 64 CI1-J/1974
 Agrarwirtschaft, Bericht Nr. 58 CI1-J/1975
 Agrarwirtschaft, Bericht Nr. 29 CI1-J/1976
 Agrarwirtschaft, Bericht Nr. 66 CI1-J/1977
- STÄHLIN, A., STÄHLIN, L., SCHÄFER K.: Zur Frage des Eingriffs in die Entwicklung der Pflanzenbestände auf aufgegebenem Kulturland. Natur und Landschaft, 48 Jg, Heft 3, März 1973, S. 63 - 69
- STEINER, D., MAURER, H., KILCHENMANN: Quantitative Auswertung von Farb-Luftbildern zur Identifizierung landwirtschaftlicher Kulturen. BuL, Heft 2, 1966, S. 47 - 56

- STEINER, D.: Die Jahreszeit als Faktor bei der Landnutzungsinterpretation. Landeskundl. Luftbilddauswertung im mitteleuropäischen Raum, Heft 5, 1961
- TRACHSLER, H.: Luftbild und Orthophoto als Datenquelle für geographische Informationssysteme, Diss., Philosophische Fakultät II, Univ. Zürich, Eigenverlag Trachsler H., Erlenbach
- TZSCHUPKE, W.: Untersuchungen zur automatischen Identifizierung forstlich bedeutsamer Bildgestalten durch digitale Auswertung von an Infrarot-Farbluftbildern gemessenen Farb- und Texturparametern, Diss. Univ. Freiburg, 1974
- UMWELTBERICHT.: Landesregierung Nordrhein-Westfalen Mai 1974
- VON GEHENDGES: Die Forderung der Forstwirtschaft eine Gemeinschaftsaufgabe, "Unser Wald" 2/1973, S.48
- VOPPEL, G.: Über Ödbrache in zwei ausgewählte Gemarkungen des Saarlandes, Ber. dt. Landeskde, 21/1958, S 112 - 119
- WEBER, E.: Grundriss der biologischen Statistik, 4. Auflage, Jena 1961
- WEBER, F.: Der Wandel im Verhalten und in den Einstellungen zur Sozialbrache.
Ergebnisse einer in den Jahren 1966 und 1971 durchgeführten Befragung derselben landbesitzenden Personen in Frohhausen/Dillkreis
Institut für Raumordnung, Informationen Nr.14 1972, S. 365 - 374

- WENTZEL, K.F.: Wiederbewaldung von Brachflächen - Kein nationales Unglück - Sonderdruck aus "Unser Wald" Nr. 1/1974, S. 1 - 6
- WEIDENBACH, P.: Erfahrung mit der Verwendung von Luftbildern in der Landschaftsplanung AFZ 25 Jg, Nr. 35 S. 734 - 736, 1970
- WIEBECKE, C. und HUNECKE, D.: Grenzertragsböden, Sozialbrache und forstwirtschaftliche Produktionssteigerung Forstarch. 37, S. 197 - 202, 1966
- WIEGELMANN, G.: Zur Frage des Brachlandes in Westdeutschland Ber. dt. Landeskde. 19/1957, S. 36 - 46
- WILMANN, O.: Sprachlich-definitorisches Problem, "Ödland", "Brachland", "Sozialbrache", Mitteilung vom Biologischen Institut II der Univ. Freiburg 23 g. 1975.
- WILMANN, O.: Der Kaiserstuhl, Kapitel Vegetation, Die Natur- und Landschaftsschutzgebiete, Baden-Württemberg Bd - 8, Ludwigsburg 1974
- WOLFF, G.: Perspektiven für Forschung und Praxis der Luftbilderinterpretation für neue Anwendungsbereiche in der DDR unter besonderer Berücksichtigung des Umweltschutzes. Beiträge für die Forstwirtschaft 7 Jg., Akademie Verlag, Berlin 4/1973, S. 178 - 180
- WUEST, R.: Ödlandentstehung und Aufforstung im Wachstumsgebiet Südbadischer Schwarzwald seit dem zweiten Weltkrieg. Zulassungserbeit zum Staatsexamen Göttingen, 1970
- WYSZECKI, G.: Farbsysteme, Müsterschmidt Verlag, Göttingen, Berlin, Frankfurt, 1960

LEBENS LAUF

Am 21.5.1944 wurde ich, Nasser A.O. Al-Homaid, als Sohn des Abdullah O. Al-Homaid und dessen Frau Turfa Al-Homaid, in Riyadh/Saudi Arabien geboren. Von 1951 bis 1957 besuchte ich die Volksschule und von 1957 bis 1963 die Mittel- und Sekundarschule in Riyadh, wo ich 1963 die Reifeprüfung im naturwissenschaftlichen Zweig bestand.

Durch Auslandsstipendium von der Saudi Arabischen Regierung kam ich Ende 1964 nach Deutschland, um Forstwirtschaft zu studieren.

Nach einer Sprachausbildung an den Goethe-Instituten in Passau und Boppard am Rhein, besuchte ich vom Oktober 1965 bis Februar 1967 das Studienkolleg in Heidelberg.

Vom 11. Mai 1967 bis 26. Mai 1973 studierte ich an der forstwissenschaftlichen Fakultät der Universität Freiburg. Am 26. Mai 1973 legte ich die Dipl.-Forstwirtschaftliche Prüfung mit Erfolg ab.

Seit 1974 arbeite ich als wissenschaftlicher Mitarbeiter bei Prof. Dr. G. Hildebrandt in der Abteilung Luftbildmessung und -interpretation des Instituts für Forsteinrichtung und forstliche Betriebswirtschaftslehre der Universität Freiburg.

Ich bin verheiratet.

